WHITNEY LIBRARY,

HARVARD UNIVERSITY.



THE GIFT OF

J. D. WHITNEY,

Sturgis Hooper Professor

IN THE

MUSEUM OF COMPARATIVE ZOÖLOGY

ANNALES

DES MINES.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les Annales des Mines sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Ministre des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, du directeur et des professeurs de l'École des mines, et d'un ingénieur en chef, adjoint au membre remplissant les fonctions de secrétaire :

MM.

Élie de Beaumont, sénateur, insp. général de 1re cl., membre de l'Acad. des Sciences, professeur de géologie au Collége de France et à l'École des mines, *président*.

De Boureuille, conseiller d'État, inspecteur général de 1re cl., secrétaire général du ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics.

Combes, inspecteur général de 1re cl., membre de l'Académie des Sciences, directeur de l'École des mines.

Levallois, inspecteur général de 1re cl.

De Billy, inspecteur général de 1re cl.

Piérard, inspecteur général de 2e cl.

Vene, inspecteur général de 2e cl.

De Hennezel, inspecteur général de 2e classe.

Gruner, inspecteur général de 2e cl., professeur de métallurgie.

Dusouich, inspecteur général de 2e cl.

MM.

Daubrée, inspecteur général de 2e cl., membre de l'Académie des Sciences, professeur de minéralogie.

Callon, ingénieur en chef de 1re cl., professeur d'exploitation.

Rivot, ingénieur en chef de 2e cl., professeur de docimasie.

Bayle, ingénieur en chef de 2e cl., professeur à l'École des mines.

De Cheppe, ancien chef de la division des mines.

Lamé-Fleury, ingénieur en chef de 2e cl., professeur de droit des mines.

Couche, inspecteur général de 2e cl., professeur de construction et de chemins de fer, *secrétaire de la commission*.

Delesse, ingénieur en chef de 2e cl., professeur de drainage, *secrétaire adjoint*.

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des Annales des Mines pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les Annales des Mines doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux Publics, à M. l'inspecteur général, secrétaire de la commission des* Annales des Mines, rue Bonaparte, n° 1, à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 15 exemplaires de leurs articles formant au moins une feuille d'impression. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 12 fr. par feuille jusqu'à 50, 10 fr. de 50 à 100, et 5 fr. pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des Annales des Mines a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. — Les deux volumes consacrés aux matières scientifiques et techniques contiennent de 70 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMÉ PAR E. THUNOT ET Cie, RUE RACINE, 26.

ANNALES
DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT,

RÉDIGÉES

PAR LES INGÉNIEURS DES MINES,

ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

SIXIÈME SÉRIE.

MÉMOIRES. — TOME XII.

PARIS.

DUNOD, ÉDITEUR,

SUCCESSEUR DE Vve DALMONT,

Précédemment Carilian-Gœury et Victor Dalmont,

LIBRAIRE DES CORPS IMPÉRIAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, n° 49.

1867

BIBLIOGRAPHIE.

—

DEUXIÈME SEMESTRE DE 1867.

OUVRAGES FRANÇAIS.

1° *Mathématiques pures.*

BRIOT. Leçons d'algèbre conformes aux programmes officiels de l'enseignement des lycées. 1re partie à l'usage des élèves des lycées et des candidats au baccalauréat ès-sciences. 7e édition. VI-309 p. (9107)

BRIOT et MARTIN. Géométrie élémentaire, 3e édition. In-12, VIII-208 p. avec fig.

— Leçons d'algèbre conformes aux programmes officiels de l'enseignement des lycées. 2e partie à l'usage des élèves de la classe de mathématiques spéciales. 6e édition. In-8, 376 p. (9336)

DELAUNAY. Rapport sur les progrès de l'astronomie. In-8. 42 p. (7510)

LACROIX. Traité élémentaire de calcul différentiel et de calcul intégral. 7e édition, revue et augmentée de notes. 2 vol. in-8 XXIII-851 p. (5790)

LAGRANGE. Œuvres de Lagrange, publiées sous les auspices de M. le ministre de l'Instruction publique. T. I, in-4, LI-735 p. (5791)

LAMBERT. Trisection et polysection de l'angle. Quadrature du cercle. In-8, 32 p. et pl. (10403)

LAURENT. Théorie des parallèles. In-8, 32 p. (10563)

MÉNARD. Réflexions sur la gravitation universelle et sur la rotation des corps célestes. In-8, 18 p. (6989)

MOIGNO. Leçons de mécanique analytique, rédigées principalement d'après les méthodes d'Augustin Cauchy et étendues aux travaux les plus récents. Statique. In-8, XL-727 p. et 2 planches (10577)

Pretis de Sainte-Croix (de). Deux démonstrations élémentaires du postulatum d'Euclide. In-8, 9 p. (8349)

Reuss. De la détermination des orbites des étoiles doubles par une méthode purement graphique. In-8, 33 p. (8773)

Rouget. Règles pratiques pour opérer la séparation immédiate des racines réelles dans toutes les équations numériques du troisième degré, du quatrième degré et du cinquième degré. In-4, 4 p. (8363)

Serret. Cours de calcul différentiel et intégral. T. I, calcul différentiel. In-8, xiii-618 p. (9469)

Tillol. Exposé des principes de la géométrie plane dans le système des coordonnées trilinéaires. In-8, 16 p. (7069)

Valat. De la double série des polyèdres demi-réguliers qui servent de complément aux recherches d'Archimède et de Kepler sur le même sujet. In-8, 24 p. (6572)

— Des hypothèses dans la science. In-8, 29 p. (6573)

2° *Physique et Chimie.*

Abria. De quelques propriétés générales des corps et en particulier de la force répulsive des gaz. In-18, 46 p. (11115)

Arson, Monard et Honoré. Expériences sur l'écoulement des gaz en longues conduites faites dans les usines de la compagnie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz. In-8, 40 p. et 2 p. (10023)

Béron. Extrait de la physique céleste, contenant l'état de la terre et de l'homme avant et après le déluge. In-8, viii-238 p. (7118)

Bertin. Rapport sur les progrès de la thermodynamique en France. In-8, 88 p. (9812)

Boutan et d'Almeïda. Cours élémentaire de physique suivi de problèmes. 3° édition entièrement revue et considérablement augmentée. T. II. In-8, 639 p. (7686)

Chevreul. Examen critique au point de vue de l'histoire de la chimie d'un écrit alchimique intitulé : *Artefii clavis majoris sapientiæ*, et preuve que cet écrit est identique avec l'écrit publié sous le nom d'*Alphonse X, roi de Castille et de Léon*, auquel l'astronomie doit les tables alphonsines, présenté à l'Académie des sciences le 2 avril 1867. In-8, 58 p. (6643)

Contejean. Des phénomènes glaciaires. In-8, 23 p. (7146)

Coste. Relation des températures des vapeurs saturées avec leurs tensions correspondantes basée pour les températures au-dessous

de 100 degrés sur les expériences de M. Regnault et sur les tables publiées par Biot, et, pour les températures au-dessus de 100 degrés sur les expériences d'Arago et Dulong et sur les expériences de M. Regnault. In-8, 192 p. (7151)

DÉHÉRAIN. Recherches sur l'emploi agricole des sels de potasse. In-8, 25 p. (11203)

DOLLFUS-AUSSET. Matériaux pour l'étude des glaciers. T. VII, tableaux météorologiques. Grand in-8, 241 p. (6669)

GASPARIN (DE). Mémoire sur l'analyse des terres arables. In-8, 30 p. (9176)

GUÉRARD-DESLAURIERS. Dosage par une voie humide des quantités de brai et de goudron contenues dans les agglomérés de menu de houille. In-8, 19 p. (6707)

GUILLEMIN. Les phénomènes de la physique. Ouvrage illustré de 450 fig. et de 11 pl. imprimées en couleur. Grand in-8. III-784 p. (10967)

HIRN. Mémoire sur la thermodynamique. In-8, 172 p. et 2 pl. (6257)

JACOB. Traité élémentaire de chimie expérimentale et appliquée, suivi d'une méthode d'analyse pour reconnaître les métaux, les bases, les acides, les sels et les principaux corps que l'on rencontre dans l'industrie et dans la nature. Illustré de 200 belles gravures sur bois intercalées dans le texte, augmenté d'une série de problèmes donnés dans les concours, avec solutions. In-18 jésus, 928 p. (7214)

JACQUIER. Exposition élémentaire de la théorie mécanique de la chaleur appliquée aux machines. In-8, VIII-51 p. (8479)

KOLB. Étude théorique sur la fabrication de la soude par le procédé Leblanc. In-8, 72 p. (6729)

MARIÉ-DAVY. Éléments de physique. Ouvrage rédigé conformément aux programmes officiels de 1866 pour l'enseignement secondaire spécial. (Cours de 1re année). In-18 jésus, V-264 p. (6290)

MEUNIER. Recherches chimiques sur les oxydes métalliques. In-8, 46 p. (9432)

NICKLÈS. Recherches de physique et de chimie (1866). In-8, 64 p. (6311)

REY. Notice sur les météorites tombés à Saint-Mesmin, le 30 mai 1866. In-8, 18 p. (8545)

ROCHE. Résumé des observations météorologiques faites à la faculté des sciences de Montpellier pendant l'année 1866. In-8, 8 p. (7045)

RIVOT. Note sur les laboratoires de l'École imperiale des mines de Paris. In-8, 20 p. (7044)

VIOLLETTE. Etudes sur la sursaturation. In-8, 122 p. et 2 pl. (8576)

3° *Géologie, Minéralogie, Métallurgie.*

BAUDRIMONT. Théorie de la formation du globe terrestre pendant la période qui a précédé l'apparition des êtres vivants. Conférences faites à la faculté des sciences de Bordeaux, le 26 février et le 19 mars 1867. In-8, XII-143 p. (9563)

BOURLOT. Géologie générale. Réactions de la haute température et des mouvements de la mer ignée interne sur la croûte extérieure du globe. Étude sur le Vésuve, son histoire jusqu'à nos jours. In-8, 210 p. et carte (7954)

Bulletin de la société d'industrie minérale. T. 2, 3, 4, 1856-1860, in-8, 2250 p. (11170)

CHEVALIER. Géologie contemporaine, histoire des phénomènes actuels du globe, appliquée à l'explication des phénomènes anciens. In-8, 383 p. av. vign. (9119)

COTTEAU. Rapport sur les musées d'histoire naturelle de quelques-unes des villes du sud-ouest de la France. In-8, 24 p. (9128)

COTTEAU. Rapport sur les progrès de la géologie et de la paléontologie en France pendant l'année 1866, fait au congrès des sociétés savantes. In-8, 48 p. (9129)

DAS NEVES CABRAL. Exposition universelle de Paris 1867, Portugal. Catalogue descriptif de la collection des minéraux utiles, accompagné d'une notice sur l'industrie minérale du pays. In-8, 48 p. (6447)

DAUBRÉE. Classification adoptée pour la collection des roches du muséum d'histoire naturelle de Paris. In-8, XII-47 p. (7155).

DAUBRÉE. Rapport sur les progrès de la géologie expérimentale. In-8, 146 p. (10 921)

DELBOS et KOECHLIN-SCHLUMBERGER. Description géologique et minéralogique du département du Haut-Rhin. T. II. In-8, 551 p. Colmar, imp. Decker.

DELESSE. Carte géologique souterraine du département de la Seine, publiée d'après les ordres de M. le baron Haussmann. 4 feuilles grand aigle imprimées en chromolithographie avec légende explicative.

DELESSE. Carte hydrologique du département de la Seine, publiée d'après les ordres de M. le Baron Haussmann. 4 feuilles grand aigle, imprimées en chromolithographie avec légende explicative.

DELESSE. Carte agronomique du département de la Seine, publiée d'après les ordres de M. le baron Haussmann.

Cette carte fait connaître la composition minéralogique de la terre végétale aux environs de Paris. 2 feuilles grand aigle.

DELESSE et A. DE LAPPARENT. Revue de géologie donnant un résumé des principaux travaux de géologie publiés tant en France qu'à l'étranger; années 1865-1866, tome V, in-8°, édité en 1868.

GERVAIS. Recherches sur l'ancienneté de l'homme et la période quaternaire. Accompagné de 19 pl. lith. et de fig. intercalées dans le texte. In-4, 136 p. (8261).

GERVAIS (Paul). Nouvelles recherches sur les animaux vertébrés dont on trouve les ossements enfouis dans le sol et sur leur comparaison avec les espèces existantes.

GODEFROY. Cours de géologie agricole professé devant la Société d'agriculture de Châteauroux. Ouvrage accompagné de 20 pl. représentant 524 fossiles. In-8, XI-390 p. (9382)

GRUNER. Notice sur la classification des couches du bassin houiller de la Loire. In-8, 24 p. (6932)

GUÉRANGER. Album paléontologique du département de la Sarthe, représentant, au moyen de la photographie, les fossiles recueillis dans cette circonscription, avec une légende indiquant le nom de chaque espèce et l'horizon stratigraphique dans lequel elle a été observée. 1re livraison grand in-4, 20 p. (8943)

— Album paléontologique du département, de la Sarthe, représentant, au moyen de la photographie, les fossiles recueillis dans cette circonscription, avec une légende indiquant le nom de chaque espèce et l'horizon stratigraphique dans lequel elle a été observée. 1re livraison in-32 XII-77 p. (9186)

JOURDAN. Note géologique et paléontologique sur une partie de l'Ardèche. In-8, 41 p. (10559)

LEYMERIE. Notice sur le phénomène diluvien dans le bassin de Lavilledieu et dans les parties afférentes des vallées de la Garonne, du Tarn et de l'Aveyron. In-8, 22 p. et pl. (8729)

MARTIN. Note sur l'industrie du fer, 1867. In-8, 16 p. Paris, imp. Lainé et Havard.

PARISET. Les soulèvements terrestres. In-8, 47 p. (7282)

Profil géologique de Paris à Brest par Vendôme, Tours, Nantes, Châteaulin, suivant les chemins de fer du réseau d'Orléans, dressé sur les indications de MM. TRIGER et DELESSE, par MM. MILLE, ingénieur en chef des ponts et chaussées; THORÉ, ingénieur ordinaire; GUILLIER, conducteur.

PERCY. Traité complet de métallurgie, traduit par MM. E. Petitgand et A. Ronna, ingénieurs. T. V. Cuivre et zinc. 1re partie. In-8, XIV-564 p. Lagny, imp. Varigault.

Raulin. Coupes géologiques des sondages exécutés dans le sud-ouest de la France. In-8, 30 p. (9718)

Reynaud. Histoire élémentaire des minéraux usuels, 2e éd. ill. de 2 pl. de minéraux usuels. In-18 jésus, III-515 p. (6548)

Rinman. Quelques renseignements sur la fabrication des fers et aciers de la Suède, ainsi que sur les autres objets des classes 40 et 48, à l'occasion de l'exposition universelle de Paris en 1867. In-8, 31 p., tableaux et cartes. (8361)

Schlumberger. Notes paléontologiques. I. Aptychus et Anaptychus. II. Hippopodium ponderosum. In-8, 15 p. (6811)

4° *Mécanique appliquée. Exploitation et droit des mines.*

Combes, Philipps et Collignon. Exposé de la situation de la mécanique appliquée. In-8, 260 p. Paris, imp. impériale.

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 15 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics. T. 57, in-4, 470 p. et 40 pl. (5519)

Description de machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 15 juillet 1844, publiées par les ordres de M. le ministre des travaux publics. T. 58, in-4 à 2 col. 423 p. et 58 pl. (7730)

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le ministre des travaux publics. T. 59, in-4 à 2 col. 473 p. et 48 pl. (9853)

Enquête sur l'application du décret du 15 février 1862, relatif à l'importation en franchise des métaux. Procès-verbaux de la commission. Ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics. Comité consultatif des arts et manufactures. In-4, VIII-258 p. (6907)

Glépin. De l'établissement des puits de mines dans les terrains ébouleux et aquifères. Fonçage, consolidation, réparations. Construction et éboulement des fosses de Marles (Pas-de-Calais). Texte in-8, 389 p. (6247)

Leclert. Cours de mécanique, rédigé conformément aux programmes officiels de 1866. A l'usage des écoles industrielles, etc. Cours de troisième année. Les principes et les machines. In-18 jésus, VII-376 p. (7388)

Marzy. L'hydraulique, ouvrage illustré de 39 gravures. In-18 jésus, 334 p. (11030)

Statistique de l'industrie minérale. Résumé des travaux statistiques de l'administration des mines, en 1860, 1861, 1862, 1863 et 1864. Ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics. Direction des mines. In-4, CXXXII-404 p. (6130)

5° *Constructions. Chemins de fer.*

Blommendal (A. R.). Des barrages de l'Escaut oriental et du Sloe au point de vue technique. In-8, 84 p. La Haye, imp. Swart et fils.

Castor. Recueil d'appareils à vapeur employés aux travaux de navigation et de chemins de fer. Gr. in-8, 194 p. et 1 at. gr. in-fol. de 24 pl. doubl., cart. Paris, imp. Lainé et Havard.

Cotelle. Législation des chemins de fer et de la télégraphie électrique. 2ᵉ édition. 2 vol. in-8, XXXII-1056 p. (9589)

Couche. Voie, matériel roulant et exploitation technique des chemins de fer. Ouvrage suivi d'un appendice sur les travaux d'art. T. I, premier fascicule in-8, 364 p. et atlas de 21 pl. (6202)

Darcel. L'art architectural en France depuis François Iᵉʳ jusqu'à Louis XIV; motifs de décoration intérieure et extérieure dessinés d'après des modèles exécutés et inédits des principales époques de la Renaissance, comprenant : lambris, plafonds, voûtes, cheminées, portes. T. I. In-4, 112 p. et 100 pl. (10919)

Feugère. La locomotion sur les routes ordinaires, et le halage des bateaux sur les canaux à l'aide de la vapeur. In-8, 11 p. (8025)

Girard, ingénieur civil. Le chemin de fer glissant à propulsion hydraulique. In-12, 71 p. Imp. Gauthier-Villars.

Jacqmin. De l'exploitation des chemins de fer. Leçons faites en 1867 à l'École impériale des ponts et chaussées. 2 vol. in-8, IV-819 p. (10391)

Marchall (Oct.). Pont tournant métallique à une volée, établi sur un passage de 10 mètres à Rotterdam avec 1 pl.

Poulain. Étude sur l'assainissement des marais voisins de la mer. In-8, 22 p. (11066)

Reynaud. Traité d'architecture, 1ʳᵉ partie. Art de bâtir. Étude sur les matériaux de construction et les éléments des édifices. 3ᵉ édition. In-4, IX-603 p. et 87 pl. (9023)

Vigreux et Raux. Théorie pratique de l'art de l'ingénieur, du constructeur de machines et de l'entrepreneur de travaux publics. Ouvrage comprenant les introductions ou connaissances théo-

riques et leurs applications directes à toutes les branches de l'industrie et des travaux publics. Précédé d'une lettre aux auteurs, par M. Ch. Callon, ingénieur civil, professeur à l'École impériale centrale des arts et manufactures.

6° *Sujets divers.*

ANDRÉ. L'art des jardins, conférence faite le 26 août 1866 à Troyes. In-8, 31 p. (8402)

Annales des sciences physiques et naturelles d'agriculture et d'industrie, publiées par la Société impériale d'agriculture, etc., de Lyon. 3° série. T. X, 1866. In-8, CLXXV-816 p. et 8 pl. (5669)

AUCOC. Notions sur l'histoire des voies de communication en France. In-8, 50 p. (5910)

BALLAN. Le département, ses droits et ses intérêts en ce qui concerne les routes départementales et les chemins de grande communication; le corps des ponts et chaussées et le corps des agents-voyers. In-8, 16 p. (6850)

BASSET (N.). Note sur l'engrais chimique de M. Ville.

BÉRARD. Économie domestique de l'éclairage. In-18, 50 p. (7115)

BÉRAUD. Études forestières, n° 4. De la végétation spontanée des plantes naturelles forestières. In-8, 32 p. (9093)

BÉRON. Origine de l'unique couple humain; dispersion de ses descendants. I. Avant les pluies sur les deux bords des champs de la zone torride. II. Après les pluies, exode de la zone équatoriale sur la zone torride. III. Sortie des Slaves de la presqu'île Malacca. IV. Dispersion de leurs descendants avant le déluge dans l'Hindoustan et après le déluge dans l'Asie Mineure et dans l'Europe, coordonnées en ordre chronologique d'après la loi physique dans la physique céleste, ouvrage indispensable aux Slaves savants. In-8, 80 p. (7119)

BEULÉ. Causeries sur l'art. 2° édition. In-18 jésus, 397 p. (7121)

BIERMANN. Religion et amitié. 2° édition. XI-395 p. (7122)

BLIARD et DUCOIN. L'industrie dans les Ardennes. Histoire et description des établissements industriels du département. 1re livraison : ardoisières, 1re partie. Illustrée de 16 figures dans le texte. In-8, 40 p. (5691)

BORME. Du désarmement général des escadres cuirassées, ou appel aux puissances maritimes pour assembler un congrès et déclarer qu'en employant le feu grégeois et les fusées asphyxiantes, il y a désormais impossibilité de livrer un combat naval. Requête à MM. les membres du Sénat et du Corps législatif. In-8, 7 p. (6420)

Boussac. Précis de télégraphie électrique et des connaissances mathématiques, physiques et chimiques, indispensables pour la télégraphie. Ouvrage spécial à l'usage des employés d'administration des lignes télégraphiques et des candidats à cette administration. In-8. VII-503 p. (7486)

Catalogue général de la section espagnole, publié par la commission royale d'Espagne. Exposition universelle de 1867. Traduit de l'espagnol. In 8. VIII-492 p. (10058)

Cézanne. Le câble transatlantique. In-18, 72 p. (8419)

Dalemagne (L.). Notice sur les matériaux silicatisés. Exposition universelle 1867. In-16, 61 p. Paris, imp. Divry et Comp.

Décret concernant les établissements réputés insalubres, dangereux ou incommodes, 31 décembre 1866.

Devèze. Du vol ou de la navigation aérienne. Étude d'un appareil d'aviation, ou de navigation aérienne sans ballons, mis en mouvement par une machine à vapeur. In-8. VI-96 p. et 3 pl. (8900)

Duclaux, professeur suppléant de chimie. De la fabrication et de la conservation des vins. In-8, 16 p. Clermont-Ferrand, imp. de Mont-Louis.

Durand. Tablettes du directeur d'usine à gaz. Législation spéciale. Lois, décrets et ordonnances recueillis et classés. Grand in-18, 124 p. (8909)

Duveau. Destruction des inondations et plus spécialement de celles de la Loire. Étude préliminaire sur les travaux à entreprendre dans le but principal de maintenir les fleuves dans leur lit. In-8°, 42 p. (9154)

Enquête agricole, 2° série. Enquêtes départementales, 2° circonscription : Orne, Mayenne, Sarthe, Maine-et-Loire. Ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics. In-4°, 710 p. (8912)

Exposition universelle de 1867. — Travaux publics et constructions civiles.— Rapports du Jury international réunis par ordre de Son Excellence M. de Forcade de la Roquette, 1 vol. in-8° de 440 pages, comprenant les rapports de MM. Léonce Reynaud, Delesse, Viollet-le-Duc, E. Baude, E. Huet, Mille, C. Marin, Pasquier-Vauvilliers, Coumes, Dumoustier, Jacqmin, Cheysson et d'Ussel.

Flammarion. La pluralité des mondes habités, étude où l'on expose les conditions d'habitabilité des terres célestes, discutées au point de vue de l'astronomie, de la physiologie et de la philosophie naturelle, 10° édition. In-18 jésus, VIII-459 p. (5759)

Girardin et Morière. Résumé des conférences agricoles sur les

fumiers, faites dans les cantons ruraux par ordre des conseils généraux de la Seine-Inférieure, du Calvados et de l'Eure, 11ᵉ édition. In-32, 84 p. et pl. (9180)

Grandes (les) industries et les travaux d'art moderne, sous la direction de Léon Rueff, ingénieur civil, livraisons 1 à 3. In-8°, 48 p. (7550)

GRANDVOINNET (J.), ingénieur, professeur de génie rural. Le génie rural à l'Exposition de 1867. 1ᵉʳ article.

HOPKINS. Notice sur la dépolarisation des navires de fer. In-8°, 16 p. et pl. (5784)

LECLERT. La voile, la vapeur et l'hélice. In-8, 71 p. (6045).

LE CLER (A.), ingenieur civil. Mémoire sur l'endiguement et la mise en culture des polders ou lais de mer de la baie de Bourgneuf (Vendée). In-8, 53 p. et 7 pl. Paris, imp. Bourdier et Comp.

LECORNU. Agriculture de l'île de Jersey. In-8, 56 p. Paris, imp. Bouchard-Huzard.

LE GRAS. Mer de Chine, 5ᵉ partie. Instructions nautiques sur la mer du Japon, la côte ouest du Nippon, la côte est de Corée et la côte de la Tartarie, le détroit de Tsugar, les îles Kouriles, le détroit de La Pérouse, la mer d'Okhotsk et le Kamschatka, rédigées avec les documents les plus récents. In-8, XVI-227 p. (6750)

— Phares des côtes ouest, sud et est d'Afrique et des îles éparses de l'océan Atlantique, corrigés en juin 1867. In-8°, 18 p. (6751)

— Phares de la Méditerranée, de la mer Noire et de la mer d'Azof (Espagne, France, Italie, États de l'Église, Autriche, Grèce, Turquie et Russie), corrigés en août 1867. In-8°, 106 p. (8968)

LÉON. Notes présentées à l'Académie des sciences sur le système métrique considéré dans son application aux monnaies. In-8°, 22 p. (8306)

LEPRIEUR. Répertoire de l'école impériale polytechnique ou renseignements sur les élèves qui ont fait partie de l'institution depuis l'année 1854 jusqu'à l'année 1863 inclusivement, suivi de la liste des élèves admis en 1864 et de plusieurs listes accessoires; faisant suite au répertoire de 1794 à 1853. In-8°, VII-87 p. (8969)

LE ROUX. L'industrie moderne au Champ de Mars. Coup d'œil sur l'Exposition universelle de 1867. In-8°, II-314 p. (9661)

LEYMERIE. Mémoire sur l'influence que le sol géologique peut exercer sur la culture et les produits de la vigne dans certaines contrées du sud-ouest de la France. In-8, 19 p. (6971)

LORENTZ. Cours élémentaire de culture des bois, créé à l'école forestière de Nancy, 5e édition, in-8, LVII-698 p. (6759)

LOUVEL. Système de la conservation des grains, graines et farines au moyen du vide. In-8, 60 p. (8504)

MAISTRE. Influence des forêts sur le climat et sur le régime des sources. Mémoire lu aux assises scientifiques de la Narbonnaise occidentale tenues à Lodève, le 3 décembre 1866. In-8, 39 p. (6976)

LUUYT, ingénieur des mines. La métallurgie à l'Exposition de Stockholm en 1866. In-8, 25 p. Lyon, imp. Pitrat.

MARTRES. L'agriculture du département des Landes devant l'enquête, et son amélioration par la culture de la vigne et du pin. In-16, 101 p. et tableau. (6982)

MASURE. Leçons élémentaires d'agriculture, 1re partie. Les plantes de grande culture, leur organisation et leur alimentation, à l'usage des agriculteurs praticiens et destinés à l'enseignement agricole dans les écoles spéciales d'agriculture, etc.; ouvrage orné de 32 gravures. In-18 jésus, 334 p. (4588)

Mémoires de la Société d'émulation du Doubs, 4e série, 2e vol. 1866. In-8, L-524 p. et 8 pl. (5594)

Mémoires de l'Académie des sciences, agriculture, arts et belles-lettres d'Aix, t. 9, 2e partie. In-8, 119-554 p. (5813)

Mémoires de l'Académie impériale des sciences, belles-lettres et arts de Lyon. Classe des sciences, t. 15. In-8, 386 p. et tableau. (5814)

Mémoires de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Marseille, années 1865, 1866 et 1867. In-8, 331 p. (8075).

Mémoire de la Société impériale de l'agriculture et des arts de Lille. Année 1866. 3e série, 3e vol. In-8, 683 p. (10181)

Mémoires et compte rendu des travaux de la Société des ingénieurs civils.

MORIN. Note sur le projet d'organisation de l'enseignement technique. In-8, 19 p. (7588)

NADAULT DE BUFFON. Hydraulique agricole. Des submersions fertilisantes comprenant les travaux de colmatage, limonage, irrigations d'hiver. In-8, 496 p. et atlas de 17 pl. (6309)

Notice sur les collections, cartes et dessins relatifs au service du corps impérial des mines, réunis par les soins du ministère de l'agriculture, du commerce et des travaux publics. Exposition universelle de Paris en 1867. Empire français. In-8, 350 p. (7008

OLIVIER. Conférences sur la pisciculture faites à Caen. In-8, 54 p. (6532)

PARIS (vice-am.). Trace-roulis et trace-vagues inventés par MM. Pâris père et fils, officiers de marine, avec fig. dans le texte.

Port (le) de Kiel considéré comme futur port de guerre allemand, avec une nouvelle carte du port et de ses environs. In-8, 12 p. (6795)

Portefeuille des conducteurs des ponts et chaussées et des gardes-mines, publié par la Société des constructeurs.

PROMPT. Tactique des abordages en mer et moyens de les prévenir, accompagné de 2 grandes pl. renfermant 25 fig. In-8, 79 p. (11072)

Règlement sur le service des bouches à feu rayées, approuvé par le ministère de la guerre, le 27 mai 1862, contenant : le service des bouches à feu de campagne (canon de 4 rayé, de campagne, et canon de 12 rayé, de réserve); le service du canon de 4 rayé, de montagne; le service du canon de 12 rayé, de siége. In-18, 280 p. (11078)

REY (P.). De l'urgence et des moyens d'assurer en France comme en Belgique la prospérité des mines (loi belge du 8 juillet 1865). In-8, 11 p. Lyon. imp. V[e] Chanoine.

ROUCHÉ. Le système du monde et le calendrier. In-8, 52 p. (7302)

Société des amis des sciences. Compte rendu de la 10[e] séance publique annuelle tenue le 29 avril 1867 dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne. In-8, 203 p. (5641)

TOUAILLON. La meunerie, la boulangerie, la biscuiterie, la vermicellerie, l'amidonnerie, la féculerie et la décortication des légumineuses. In-8, VIII-456 p. (6135)

VERNEILH (DE). Exposition universelle. Les fabriques du parc. In-8, 23 p. (9304)

SOULIÉ (Émile) et LACOUR (Alfred). Matériel et procédés de l'exploitation des mines. (Exp. de 1867) avec trois pl. 1[er] article.

— Etudes sur l'Exposition, 3[e] fascicule.

OUVRAGES ANGLAIS.

URE. *Ure's Dictionary...* Dictionnaire des arts, des manufactures et des mines.

JOHN RENNIE. *On Drainage...* Sur le drainage, sur la canalisation et l'amélioration des rivières. Sur la conquête de vastes terrains, sur l'irrigation et les distributions d'eau.

THOMAS LUND. *A short and easy course of algebra...* Cours élémentaire d'algèbre.

— *Australia as it is...* L'Australie telle qu'elle est.

BAKER (Samuel W.). *The Albert N'Yanza...* Le lac Albert N'Yanza, grand bassin du Nil, et exploration des sources de ce fleuve.

BOWDITCH. *The analysis...* Analyse, estimation technique, purification et emploi du gaz fourni par la fabrication du coke.

BRISTOW. *A glossary...* glossaire de minéralogie.

CHAMBERS. *Descriptive...* Astronomie descriptive.

— *Engencering facts and figures...* Documents et figures concernant l'art de l'ingénieur.

POLLINGTON (Viscount). *Half Round...* Demi-tour dans l'ancien monde; récit d'un voyage en Russie, en Caucase, en Perse et en Turquie.

— *Report on experiments...* Rapport d'un comité sur les expériences qui ont été faites en tirant sur des plaques cuirassées avec des boulets d'acier.

RICHARDSON and WATTS. *Complete Practical...* Traité pratique et complet sur les acides, les alcalis et les sels.

SHEPHERD. *The Nord-West...* Le nord-ouest de la péninsule d'Islande, journal d'un voyage en Islande pendant le printemps et l'été de l'année 1862.

JOURNEYMAN. *Some habits...* Quelques usages et coutumes de la classe ouvrière.

TIMBS. *The Year-Book...* Annuaire des arts et des sciences pour 1867.

TRAILL. *An Elementary...* Traité élementaire sur le quartz, l'opale et leurs variétés; comprenant une notice qui fait connaître les principales localités tant anglaises qu'étrangères dans lesquelles on les rencontre.

KREPP. *The sewage question...* La question des égouts : revue gé-

nérale de tous les systèmes employés jusqu'ici dans divers pays pour le drainage des villes et pour l'utilisation des eaux d'égouts.

MERRIFIELD and EVERS. *Navigation*... Navigation et astronomie nautique.

— *The Dictionary of science, litterature and art*... Dictionnaire de science, de littérature et d'art.

HENRY NICHOLAS SEALY. *A treatise*... Traité sur les monnaies, la concurence et les banques. IIe partie.

WINSLOW. *Light*... La lumière : son influence sur la vie et sur la santé.

BLOXHAM. *Chemistry*... Chimie organique et inorganique.

ENGELHARDT. *Denmark in the early iron age*... Le Danemark au commencement de l'âge de fer.

— *Eyes no eyes*... Avec des yeux et sans yeux ; magasin local et général de météorologie.

— *Geological magazine*... Magasin géologique.

WOODWARD. *A manual*... Manuel des mollusques et traité des coquilles fossiles.

MARSHMAN. *The history*... Histoire de l'Inde.

— *The Alpine club; Map*... Carte de la Suisse et de ses environs à l'échelle de $\frac{1}{500.000}$, dressée par les membres du club des Alpes.

CULLEY. *A handbook*... Manuel de télégraphie pratique.

BLACK. Atlas général du globe.

DICKSON. *How to make*... Comment on construit les engins à vapeur.

INMAN. *Nautical*... Tables nautiques.

JONES and CHEYNE. *Algebraical Exercises*... Exercices d'algèbre gradués.

STANNAH. *Tables for*... Tables à l'usage des ingénieurs, des directeurs d'usines, des constructeurs de vaisseaux, etc.

TODHUNTER. *An elementary*... Traité élémentaire de la théorie des équations, avec un choix d'exemples.

TROWER. *The law*... Loi sur la construction des églises, des presbytères et des maisons d'école.

— *The bank*... La banque d'Angleterre et l'organisation du crédit dans ce pays.

ADAMS. *Wanderings*... voyage d'un naturaliste dans l'Inde, dans l'ouest de l'Himalaya et dans le Cachemire.

MUNRO. *Ætna*... L'Etna expliqué.

— *The Alpine Journal*... L'Alpine Journal par les membres du club des Alpes (Alpine club).

ANSTED. *Physical geography*... Géographie physique.

CLAUSIUS. *The mechanical Theory...* Théorie mécanique de la chaleur avec son application aux machines à vapeur.

HASKOLL. *Examples...* Exemples de ponts et de viaducs.

HOPKINS. *A manual...* Manuel d'assurance maritime.

LINDLEY. *A Treatise...* Traité sur la loi des associations, comprenant son application aux compagnies.

MILLER. *Elements of chemistry...* Éléments de chimie théorique et pratique.

SIBSON. *Agricultural...* Chimie agricole.

GRAY. *Synopsis...* Synopsis des espèces d'astéries se trouvant dans la collection du British Museum.

— *Proceedings...* Procès-verbaux de la Société d'histoire naturelle de Dublin. Session de 1864-1865.

— *The Athenæum...* L'Athenæum, mois de mai, juin et juillet 1867.

— *The Journal...* Journal de la Société Linéenne de Londres: Botanique, t. IX, nos 38 et 39.

— *The Journal...* Journal de la Société Linéenne : Zoologie, t. IX, livr. 34 et 35.

— *The Transactions...* Transactions de la Société Linéenne de Londres, t. XXV, 3e partie.

— *General...* Table générale des transactions de la Société Linéenne de Londres, t. I à XXV. Londres, 1867.

— *Proceedings...* Procès-verbaux des réunions scientifiques de la Société zoologique de Londres.

— *On the...* Sur les crânes de formes particulières des habitants de certains groupes d'îles dans l'est de l'Océan Pacifique; par M. Davis-Harlem. 1866.

— *The...* Le Laboratoire, nos 18 à 22. 1867.

— *The...* La revue scientifique, no 17. 1867.

— *On the...* Sur la Nephila plumipes, araignée à soie de la Nouvelle-Caroline, par M. G. Wilder.

— *Adress...* Discours prononcé dans la séance annuelle de la Société royale de Géographie le 27 mai 1867; par le président Sir R. I. Murchison. Londres.

— *Text...* Description de la tourelle et du système de trépied proposée par le capitaine Cowper P. Coles, pour les futurs navires à tourelle; par M. Henwood.

— *Navigation and Nautical Astronomy...* Navigation et astronomie nautique pratique, théorique et scientifique à l'usage des étudiants et des hommes pratiques; avec tables. Par Jean Merrifield, maitre principal de l'École de navigation de Plymouth, et Henry Evers, de l'École scientifique de Plymouth.

— *Elementary Introduction to Practical Mechanics*... Introduction élémentaire à la mécanique pratique. Illustrée de nombreux exemples. Cet ouvrage est la 3e édition des exemples élémentaires de mécanique pratique, par le révérend Jean F. Twischen, professeur de mathématiques au collége de l'État-Major.

— *Geological Survey of Northumberland*... Carte géologique du Northumberland. Feuille 81 : comprenant les houillères de Hartley, Earsclon, Seaton, Delaval, etc. — Feuille 89 : contenant North Shields, Tynemouth, Wallsend, etc.

OUVRAGES ALLEMANDS.

— *Ueber*... Sur l'action de la vapeur surchauffée, par M. G. Zeuner; de Zurich.

— *Théorie*... Théorie et pratique dans l'art et la science comme dans la vie; par M. Th. Scheerer. Freiberg, 1867.

— *Weitere*... Nouvelles recherches sur la physiologie des muscles et des nerfs; par M. L. Hermann. Berlin, 1867.

— *Nachrichten*... Publications de l'université de Goettingen, juillet et août 1867.

— *Untersuchungen*... Recherches sur l'histoire naturelle de l'homme et des animaux, par M. J. Moleschott, t. VI, 4e livr.

— *Mittheilungen*... Voyages de M. P. de Tchihatchef dans l'Asie Mineure et dans l'Arménie avec une nouvelle carte de l'Asie Mineure, par M. H. Kiepert.

— *Untersuchungen*... Recherches sur l'alimentation de l'homme à l'état normal; par M. de Pettenkofer et C. Voit.

— *Kaiserliche*... Comptes rendus de l'Académie impériale des sciences de Vienne, nos 18 à 21. 1867.

OUVRAGES HOLLANDAIS.

— *Natuurkundeg*... Journal d'histoire naturelle des Indes néerlandaises, XXIXe partie, livraisons 2 à 4. Batavia 1866.

— *Untersuchungen*... Recherches sur la forme du bassin dans la femme javanaise; par M. T. Zuaijer. Harlem, 1866.

— *Die*... Considérations sur la formation basaltique; par M. L. Drassel. Harlem, 1866.

— *Beitraege*... Matériaux pour servir à la connaissance de la formation des trachytes et des porphyres quartsifères; par M. C. E. Weiss. Harlem 1866.

OUVRAGES ITALIENS.

— *Sugli*... Mémoires sur les spectres donnés par le prisme dans les étoiles fixes; par le P. Secchi, directeur de l'observatoire du collége Romain.

— *Le due*... Considérations sur les deux théories récentes des courants atmosphériques; par M. Giov. Omboni. Milan, 1867.

— *Società reale*... Société royale de Naples. Compte rendu de l'Académie des sciences physiques et mathématiques. Naples, juin 1867.

— *Memorie*... Mémoires de la Société italienne des sciences. 1re série, t. III, Florence, 1867.

— *Statuts*... Statuts de la Société scientifique, littéraire et artistique des Nüovi Filodidaci. Florence, 1866.

— *Sulla*. . Sur l'épilchthyozoïe existant dans la mer Adriatique entre Goro Voluno et les vallées de Murina; par le professeur F. Carli.

— *Coralli*... Polypiers fossiles du terrain nummulitique des Alpes vénitiennes; par le docteur A. d'Achiardi.

— *Nota*... Note sur la mesure de l'action électrique; par M. G. Bellavitis. Venise, 1864.

— *Determinazione*... Détermination numérique des racines imaginaires des équations algébriques; par M. L. Bellavitis. Venise, 1864.

— *Della*... De l'instruction par la voie des yeux; par M. G. Bellavitis. Padoue, 1865.

— *Prospetto*... Coup d'œil sur les travaux publiés par l'Institut de Venise depuis l'époque de sa fondation; par M. Bellavitis.

OUVRAGES ESPAGNOLS ET PORTUGAIS.

— *Jornal*... Journal des sciences mathématiques, physiques et naturelles, n° 3. Août 1867. Lisbonne.

— *Annals*... Annales de l'observatoire de l'Infant Don Luiz, t. IV. 1867. Lisbonne.

DOLGADO. *Commissao Geologica de Portugal. Noticia acerca das grutas*... Notice paléontologique sur la grotte de Césaréda.

OUVRAGES LATINS.

— Novorum actorum Academiæ Cæsaræ Leopoldino. Carolinæ Germanicæ naturæ Curiosorum. Dresde, 1857.

ANNALES
DES MINES.

ESSAI
SUR LA GÉOLOGIE ET LES RESSOURCES MINÉRALES DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE.

Par M. GARNIER, ingénieur civil.

Préliminaires.

Au mois d'août 1863, j'eus l'honneur d'être chargé par M. le marquis de Chasseloup-Laubat, ministre de la marine et des colonies, des fonctions d'ingénieur, chef du service des mines à la Nouvelle-Calédonie.

A ce moment on s'accordait généralement à dire que notre colonie nouvelle était riche en mines de diverses espèces, et que les gisements de charbon présentaient surtout de grandes espérances ; à mon arrivée dans l'île, je fis donc tout d'abord de cette dernière question, l'objet d'une étude attentive et je pus me convaincre, par quelques travaux d'exploration et l'examen des gîtes carbonifères que, malheureusement, il fallait à peu près renoncer à tout espoir de rencontrer un combustible minéral exploitable; en conséquence, je résolus bientôt de ne pas user davantage mon temps et les deniers de la colonie à des travaux de recherches que tout indiquait devoir être infructueux, mais d'utiliser mon séjour à un travail de délimitation des terrains de l'île suivant leur âge ou leur nature minéralogique; M. le capitaine de frégate Jouan, s'était déjà occupé de

la constitution géologique des îles Loyalty dans un intéressant mémoire publié dans la *Revue de la géologie* (*) ; le P. Montrouzier, avec le style concis et plein de sens qui le caractérise avait aussi donné une esquisse géologique de la Nouvelle-Calédonie (**) ; enfin, M. E. Deslongchamps, avait fait dans le *Bulletin de la Société Linnéenne de Normandie*, VIIIe volume, une étude consciencieuse de quelques fossiles de l'îlôt Hugon, que lui avait remis M. Desplanches, chirurgien de la marine.

Néanmoins, le champ était encore vaste et chaque pas que je faisais dans l'île, était pour moi le sujet d'une observation nouvelle, car il est peu de contrées, à surface égale, aussi variée dans ses éléments que notre colonie du Pacifique ; je fis ainsi le tour de l'île, remontant toutes les vallées un peu importantes en suivant jusqu'à leur source les bords ou les lits des rivières ; je traversai l'île de l'est à l'ouest en divers points, du sud, du centre et du nord, recueillant partout des échantillons et des notes.

J'étais de retour en France à la fin de l'année 1866 ; peu de temps me restait pour opérer le classement de mes échantillons pour l'*Exposition universelle ;* M. Jannettaz, minéralogiste du muséum, chargé par le ministère de la marine de l'étude de quelques minéraux ou roches provenant de nos colonies, voulut bien me continuer son concours au sujet de la Nouvelle-Calédonie, et je profite de cette occasion pour remercier mon collaborateur de tous les services et de l'aide obligeant qu'il m'a rendu dans l'exécution de cette tâche.

Il me reste encore à faire accepter mes remerciements à MM. Brongniart, le vicomte d'Archiac, Fisher et Munier-

(*) Années 1862-1863. *Revue de géologie* de MM. Delesse et Laugel, p. 369.

(**) *Notice historique, ethnographique et physique de la Nouvelle-Calédonie.*

Chaînes, qui ont bien voulu examiner les fossiles que je rapportai, en déterminer quelques-uns et me donner leurs avis à leur égard.

J'ose espérer maintenant, que notre belle et jeune colonie, tenant enfin un jour ses promesses, offrira bientôt aux exploitants, de riches mines métalliques et qu'alors cet essai pourra leur être de quelque utilité.

POSITION GÉOGRAPHIQUE DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE.

La Nouvelle-Calédonie est une île située entre les 20° 10′ et 22° 26′ de latitude sud et entre les 161° 35′ et 164° 35′ de longitude est du méridien de Paris; sa largeur moyenne est de 12 à 13 lieues, sa longueur de 75 environ : cette terre, longue et droite, s'étend au-dessus de l'Océan, du nord-ouest au sud-est. Il est à remarquer que, dans ces parages, cette direction est commune à la plupart des chaînes de montagnes ou des îles dont les groupes forment des archipels; ainsi, à 15 lieues dans le nord-est de la côte orientale de la Nouvelle-Calédonie, nous trouvons d'abord le groupe des Loyalty, composé de trois îles dont l'alignement est parallèle à l'axe de notre colonie. Toujours dans la même direction, mais à une distance de 75 lieues, on rencontre le groupe des *Nouvelles-Hébrides*, qui se compose de plusieurs îles, toutes placées sur la même ligne qui court du nord 60° ouest au sud 60° est. Les îles Viti, les îles Salomon et la Nouvelle-Guinée sont aussi dans le même cas.

Je dirai ici quelques mots sur la nature géologique des îles qui avoisinent la Nouvelle-Calédonie; quoique je possède bien peu de données sur ces terres, jusqu'ici si peu connues, j'ai pensé qu'il serait intéressant d'avoir quelques

notions sur les archipels et les grands continents qui avoisinent la petite île dont nous allons nous occuper.

Groupe des îles Loyalty. — Lifou, Mare et Ouvéa sont les noms des trois îles qui composent ce groupe; cet archipel a cette constitution curieuse et particulière à l'Océanie; il est essentiellement formé d'immenses bancs madréporiques qui s'élèvent au-dessus de la mer de 40 mètres ou 50 mètres, et dont le pied descend jusqu'à plusieurs centaines de mètres au-dessous de la surface des eaux. Cependant aujourd'hui les madrépores végètent autour des îles qui les abritent, ne peuvent vivre que dans l'eau de mer et à quelques mètres seulement de sa surface; mais si, aux époques éloignées où ces laborieux et innombrables travailleurs élevaient ces gigantesques édifices, leur existence était soumise aux mêmes lois que maintenant, nous sommes forcés d'accepter cette théorie, c'est que dans ces parages les terres se sont abaissées, mais assez lentement pour permettre aux coraux de s'élever en même temps; enfin, les terres ne descendirent plus, au contraire même, un mouvement ascendant eut lieu; mais, par suite de ce mouvement, les madrépores se trouvèrent bientôt hors de l'eau et périrent, formant de leurs débris la couche superficielle de ces vastes plateaux, sur lesquels maintenant poussent avec force des forêts de cocotiers, ombrageant les cases d'hommes nombreux qu'ils nourrissent en partie de leurs fruits.

Ce fait du mouvement lent et prolongé d'une terre, quoique étonnant au premier abord, a été constaté cependant plusieurs fois, et dernièrement encore (1865), dans une lecture géologique faite devant la société philosophique de la Nouvelle-Galle du Sud par le géologue du gouvernement, le docteur Clarke, on apprenait que, à la suite de différentes observations astronomiques, on avait constaté que l'emplacement sur lequel s'élève l'observatoire de Sydney et probablement la contrée entière, jouissait d'un mouvement de haut en bas, très-lent, mais continu.

Le sol de ces îles est un calcaire très-analogue à celui qui recouvre la plupart des montagnes des presqu'îles de Nouméa, de Païta et des îlots qui leur font face ; à Lifou, des *lithophages* ont tracé de toute part leurs sillons au milieu de ces calcaires récents ; enfin, si l'on s'enfonce au-dessous du sol, on y rencontre d'abord d'abondants fossiles ; malheureusement, aucune fouille ayant un but scientifique n'a encore été faite au milieu de ces coraux anciens transformés ; cependant, quels documents précieux pour l'histoire de cette époque, si voisine de la nôtre, on trouverait ensevelis au milieu de ces innombrables débris d'infusoires ou conservés dans les vastes cavernes que renferment souvent les bancs de corail ! Ce qui prouve du reste l'existence de ces grottes souterraines, c'est que souvent le touriste qui parcourt ces îles entend ses pas résonner sous la terre. — *A ce sujet*, je me souviens que, recueillant un jour des *coquillages* fossiles en Nouvelle-Calédonie, un naturel de *Lifou*, qui m'accompagnait, me voyant mettre tant de soins à mes recherches, me dit :

« Viens à Lifou et je te montrerai dans la pierre des mil-
« liers de coquillages bien plus beaux que ceux-ci, des
« poissons et des animaux comme il y en a dans la mer. »

Je n'ai pas eu le loisir de le suivre jusqu'à Lifou, et les fossiles que j'ai pu rapporter de cette contrée sont quelques coquillages seulement.

Dans le centre de la plupart des îles madréporiques de l'Océanie se rencontre une dépression qui, s'enfonçant plus ou moins au-dessous du niveau de la mer, s'emplit d'eau salée dans laquelle vivent différents animaux marins ; presque toutes les îles de corail de l'archipel de Tahiti présentent cette particularité ; aux Loyalty, l'île Ouvéa seule a un lac *intérieur*. Cette terre est aussi la seule dans laquelle l'horizontalité des couches de corail n'a pas été bien gardée pendant les mouvements qu'elle a subis.

Voici la liste de quelques-uns des fossiles recueillis dans le calcaire madréporique de cette île :

Nautilus,
Lithodomus,
Trochus,
Cypricardia,
Conus,
Cassis,
Cypræa,
Psammobia,
Polypier (sp. ind.),
Turbo,
Vénus (deux échantillons),
Vermetes,
Moule intérieur de vermète.

Groupe des Nouvelles-Hébrides. — Cet archipel situé à 70 lieues environ de la Nouvelle-Calédonie se compose de plusieurs îles, alignées dans la direction du nord-ouest, ainsi que nous l'avons déjà dit ; ces îles sont Anatom, Tana, Eromango, Vaté, Trois-Monts, etc. On ne connaît que peu de choses sur la géologie de cet archipel encore indépendant, cependant l'une des îles, *Tana*, se fait remarquer par son volcan toujours en activité et le soufre natif qui a été sublimé ici avec une abondance que l'on n'a pas, je crois, rencontré jusqu'ici auprès d'aucun volcan actuel. Ce beau gisement, situé au bord de la mer et d'un port est déjà l'objet d'une exploitation très-limitée cependant ; les rares caboteurs qui viennent commercer dans cette île, habitée par une peuplade des plus farouches, complètent ordinairement leur cargaison au moyen du soufre qui se revend à Sydney. On estime à 120 mètres l'altitude du volcan de Tana au-dessus du niveau de la mer.

Les naturels de cet archipel se louent volontiers à l'Européen pour aller travailler pendant quelques années dans les îles voisines. Un jour qu'en Nouvelle-Calédonie mes hommes faisaient une fouille dans le but de poursuivre des affleurements cuprifères, des travailleurs des Nouvelles-Hébrides regardaient curieusement les fragments verts et bleus de cuivre carbonaté que l'on extrayait ; cette atten-

tion de la part d'hommes toujours aussi indifférents et dédaigneux pour les travaux des blancs me surprit et je voulus en savoir la cause :

« *C'est* que, me dirent-ils, nous connaissons ces pierres; il y en a beaucoup chez nous dans l'îlot nommé *Mao* et dans la tribu de *Séma* qui est en face, sur la grande terre. »

Je contrôlai cette assertion de la manière suivante : ayant pris avec moi différents minéraux, parmi lesquels des minerais de cuivre, je montrai le tout à des naturels des mêmes tribus, employés à quelque distance de là ; ne sachant d'abord ce que je voulais d'eux ils regardèrent ces pierres en riant, mais tout à coup leurs yeux rencontrant le minerai de cuivre carbonaté, ils devinrent sérieux et l'observèrent très-attentivement : « Tu connais cette pierre, leur dis-je? » La réponse fut affirmative et corrobora pleinement ce que leurs compatriotes m'avaient déjà dit. Les points dont j'ai donné les noms appartiennent à une tribu de la petite île des Nouvelles-Hébrides que l'on nomme *Sandwich*.

Groupe des Salomon. — Cet archipel, situé à 250 lieues environ au nord de la Nouvelle-Calédonie, renferme une île qui, d'après les récits de ses visiteurs, contient en abondance du minerai de cuivre natif ; il est vrai que ceux qui vont dans ces îles lointaines sont ordinairement peu versés dans l'art des mines, ce sont tous des *caboteurs* qui, sur de frêles bateaux, s'avancent jusque là, séduits par l'espoir d'une riche cargaison de bois de santal, d'écailles de tortue surtout ; ces navigateurs assurent d'un commun accord que non loin des bords de la mer, sur les flancs d'une très-haute montagne (l'archipel des Salomon a été signalé, dans les voyages de d'Entrecasteaux comme offrant des sommets d'une hauteur extraordinaire, ordinairement couverts de nuages pluvieux) se trouve le gisement de ce cuivre ; il est là en nombreux filons parallèles de quelques

centimètres d'épaisseur, séparés par des bancs de quartz; l'eau qui arrose ce terrain, chargée probablement de sels de cuivre, est mortelle; quant aux gens du pays ils utilisent peu ce métal trop malléable, ils le détachent cependant en larges plaques, qu'ils taillent en forme de haches et l'une d'elles, apportée à Sydney, y excita une vive curiosité et l'on songea à aller visiter ces gisements; une société s'organisa et *arma* un bateau qui bientôt fit voile pour *les Salomon*; mais d'après le récit que me fit un de ceux même qui étaient à bord, l'expédition privée d'un chef énergique et composée d'aventuriers amis du désordre et de la débauche, n'était pas encore au terme de son voyage qu'elle craignit de manquer de vivres, refusa d'aller plus avant; la maladie s'était du reste déclarée au milieu de ces hommes intempérants et l'on reprit la route de Sydney.

Depuis cette époque, aucune expédition nouvelle ne s'est organisée et c'est regrettable, car ainsi que me le faisait observer un jour un géologue, cet archipel se trouve à peu près à l'intersection de deux grandes lignes très-remarquables sous le point de vue des minerais de cuivre, la ligne du lac Supérieur, San Francisco et l'Australie, celle du Chili en Australie.

Nouvelle-Guinée. — Cette grande terre, située au nord de la Nouvelle-Hollande et au nord-nord-ouest de l'archipel des Salomon, a son grand axe dans la direction du nord-ouest; elle est très-peu connue, on assure cependant que les naturels apportent souvent de la poudre d'or aux caboteurs qui les visitent.

Nouvelle-Hollande. — Cette île immense se trouve à l'ouest de la Nouvelle-Calédonie à une distance de 200 lieues environ; jusqu'ici toutes les études comparatives faites entre ces deux contrées ont établi la similitude et quelquefois l'identité la plus complète entre leurs roches synchroniques; mais la Nouvelle-Hollande a étonné le monde par la prodigieuse richesse de ses mines, surtout de ses

gisements aurifères, on avait cru, par suite, que la Nouvelle-Calédonie, devait aussi contenir en abondance le précieux métal; cependant jusqu'ici des traces seules de différents métaux précieux ont été trouvées dans notre colonie, il est vrai qu'elle est explorée depuis bien moins de temps que sa voisine et seulement par un petit nombre de personnes; d'un autre côté, la Nouvelle-Calédonie n'offre pas ces vastes plaines qui s'étendent, en Nouvelle-Hollande, aux pieds des chaînes de montagnes et sont composées d'alluvions superposées depuis des siècles, conservant au milieu de leurs strates, l'or arraché de ses filons par l'usure des siècles, séparé des parties impures par un long remaniement et une série de lavages naturels; dans notre île, presque pas de plaines, par suite peu d'alluvions; partout des eaux rapides descendant brusquement le long de pentes roides, courant ainsi jusqu'à la mer. Dans de pareilles conditions, on ne doit donc s'attendre qu'à trouver l'or en filons, c'est-à-dire dans les plus défavorables circonstances d'exploitation.

Nouvelle-Zélande. — La Nouvelle-Zélande, placée au sud de la Nouvelle-Calédonie, à 370 lieues environ, a des rapports géologiques intimes avec notre colonie; ainsi, les terrains anciens de ces deux contrées se font remarquer par l'abondance des grenats qu'ils contiennent; d'après le docteur Clarke, ces grenats sont ici un exemple de la *transmutation*, qu'il nomme *granitique;* ils se forment ordinairement là où de grandes forces physiques ont été en opération.

En second lieu, en Nouvelle-Zélande comme ici, le chromite de fer abonde.

Enfin nous verrons que l'on a trouvé dans ce pays des fossiles *secondaires* (à Richmond) identiques à ceux récemment découverts aussi en Nouvelle-Calédonie. Je terminerai ce court aperçu sur les îles qui environnent la Nouvelle-Calédonie en dénonçant un fait particulier à toutes ces

contrées, c'est que la pluralité des roches qui les composent sont plus ou moins magnésiennes; la magnésie semblerait presque ici jouer, comme abondance, le rôle que la chaux remplit en Europe.

Aspect de la Nouvelle-Calédonie. — Cette île se compose essentiellement de chaînes de montagnes, de chaînons et de pics plus ou moins effilés; les seules plaines de quelque importance sont les *Deltas* des grandes rivières qui, après avoir fait mille circuits autour des montagnes de l'intérieur, arrivent enfin sur les bords de la mer.

Quoique les *lignes de faîte* des chaînes montagneuses aient des directions très-variables, on s'aperçoit bientôt cependant que la direction dominante est le nord-ouest: sud-est.

Comme cela arrive le plus souvent, ces montagnes changent complétement d'aspect suivant que les roches qui les composent varient elles-mêmes, et ce fait ici est tellement saillant qu'il peut, à lui seul, dans quelques cas, permettre à un œil exercé de désigner à l'avance le genre de roches qui est en présence; ainsi, les roches serpentineuses éruptives offrent des sites désolés, des terrains bouleversés, abruptes, difficiles à la marche, recouverts ordinairement d'une maigre argile rouge, au milieu de laquelle végètent çà et là quelques bouquets d'arbustes, chétifs, à demi-morts, aux branches dures, noires, cassantes, étalant à leurs extrémités quelques feuilles jaunies; cependant sur ces surfaces argileuses, les eaux des pluies ont fourni çà et là des ravins qui creusent profondément la montagne, et, sur leurs bords escarpés, grâce à l'humidité constante qui y règne, se montre une végétation vigoureuse, abondante, inextricable.

Si l'on descend le long de ces ravins on les voit peu à peu s'élargir et enfin se changer quelquefois en une spacieuse vallée qui vient déboucher sur la plage de l'Océan; c'est dans les parties les plus retirées de ces vallées, là où

le soleil, dans sa course, pénètre à peine quelques instants, que, favorisés par la fraîcheur constante de ces lieux, les arbres s'élancent en ligne droite à des hauteurs prodigieuses, c'est là que se rencontrent ces belles fougères arborescentes dont le tronc atteint 20 mètres de hauteur, et dont les frondes qui couronnent les cimes ont 4 mètres de longueur.

Néanmoins tous les points où dominent les éruptions serpentineuses sont inhabités, à l'exception de quelques rares indigènes qui séjournent le long de la mer dans les endroits où de nombreux bancs de coraux, abritant des tortues, des coquillages et des poissons, leur permettent une pêche facile; là, c'est à peine s'ils cultivent à l'embouchure des ruisseaux quelques portions de cette terre peu fertile; du reste sur ces sommets désolés, comme dans le désert, la vie animale est nulle, à part deux ou trois espèces d'oiseaux très-petits, ordinairement muets (Pl. II, *fig.* 1).

Tel est l'aspect que présente la partie de l'île située au sud d'une ligne que l'on mènerait du mont d'Or (côte ouest) à Nakety (côte est). Comme je l'ai dit, j'excepte dans cette large surface quelques deltas, qui, comme celui de Yaté, par exemple, jouissent d'une fertilité remarquable.

Mais si la nouvelle-Calédonie offre ce triste aspect dans quelques parties, il en est d'autres où le paysage qui se montre est tout différent; le pays est alors formé de collines basses, de chaînes de montagnes allongées, aux *lignes de faîtes* horizontales, aux pentes douces, aux croupes arrondies; tout le sol est couvert de pâturages épais et élevés, au milieu desquels s'espace par petite distance le niaoulis (*melaleuca viridiflora*), un des arbres les plus utiles de cette contrée; de nombreux petits ruisseaux circulent entre ces collines, au pied de ces chaînes et sont bordés de bouquets d'arbres élevés, de mille essences différentes, au milieu desquels les lianes s'entre-croisent à l'infini.

Ici, en nous enfonçant au-dessous de l'épaisse couche d'humus qui donne la vie à la luxuriante végétation dont je viens de parler, nous trouverons des roches schisteuses particulières, qui forment le relief d'une très-grande partie de l'île, s'étalant surtout en larges bandes sur les bords de la mer de la côte occidentale, du mont d'Or à l'extrémité nord de l'île (Pl. II, *fig.* 2).

Le troisième aspect sous lequel se présente le relief de cette contrée, se rencontre sur la côte orientale, de Kanala à Houagap; il est aussi très-fréquent dans le centre, de Kanala à l'extrémité nord de l'île; mais ici la végétation est encore puissante et c'est la forme seule des montagnes qui a changé, elles se présentent en longs prismes droits triangulaires, couchés sur une de leurs faces latérales; souvent les sentiers étroits des indigènes suivent l'arête supérieure de ce prisme qui n'a parfois qu'une largeur si faible, que le voyageur européen craint de glisser sur l'un des deux plans très-inclinés qu'il a à droite et à gauche et de rouler ainsi jusqu'à leur pied, c'est-à-dire sur une longueur de plusieurs centaines de mètres.

Ces montagnes sont composées de schistes ardoisiers et de schistes argileux. Je ne parlerai pas de l'aspect du versant nord-est de l'île, composé de micachistes; comme dans toutes les contrées où ces roches se montrent, la végétation est pauvre et souffreteuse.

Mais, dans toutes les parties de l'île où de grands cours d'eau ont pu déposer leurs alluvions et créer des plaines plus ou moins spacieuses, l'aspect qui s'offre au voyageur est alors peu variable; ce sont de belles forêts de cocotiers, d'abondantes et productives plantations indigènes, des amas de verdure, au milieu desquels disparaissent les étroites habitations des naturels.

DESCRIPTION GÉOLOGIQUE DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE.

Je suivrai, dans cette description, l'ordre d'ancienneté et commencerai donc à parler des plus anciennes formations. Voir Pl. I la carte géologique de la Nouvelle-Calédonie.

Roches anciennes de la Nouvelle-Calédonie. — Granite. — Je ne citerai cette roche que pour mémoire, car je ne l'ai trouvée que dans la rivière de Saint-Louis en galets roulés, accompagnant des quartz, roulés aussi, cristallisés, pyriteux et quelquefois riches en sulfure de molybdène (*). Cette formation est peut-être importante dans le haut de la rivière de Saint-Louis, qui m'est inconnue. Là on rencontre aussi de la protogine schisteuse roulée.

Schistes cristallisés. — Les schistes cristallisés, composés presque exclusivement de micaschistes, font leur apparition sur la *côte* est, à 10 kilomètres environ au nord du port de Hienguène, sur les limites de la petite tribu de Panié et de celle, bien plus importante, de Hienguène. De là ils remontent au nord, composant d'une manière à peu près exclusive la chaîne montagneuse qui borde la mer, disparaissent à l'épaulement que forme l'île à l'embouchure du Diahot, la grande rivière du nord, pour reparaître immédiatement ensuite, toujours sur le même alignement, formant alors les deux îlots montagneux de Pam et Balabio.

Cette ligne de schistes anciens mesure une longueur de 100 kilomètres environ; elle forme une longue chaîne dont la hauteur moyenne va en décroissant d'une manière assez régulière, à mesure que l'on s'avance vers le nord; ainsi la première montagne importante formée par les micaschistes est le mont *Douit*, situé entre Panié et Poëbo; il a environ 1.200 mètres de hauteur. Après lui vient le

(*) Depuis peu, j'ai reçu avis de la Nouvelle-Calédonie que mon ami, M. Bavay, pharmacien de la marine, a rencontré de l'or dans ces quartz, mais en proportion trop faible pour permettre une exploitation.

sommet de Poëbo, qui a une altitude d'environ 850 mètres. A partir de ce moment, les hauteurs moyennes décroissent rapidement; à Balade, elles ne sont plus que de 3 à 400 mètres; enfin, à la pointe de *Tiari*, la chaîne montagneuse se cache sous les flots, pour reparaître, ainsi que je l'ai dit, dans les deux îlots de Pam et Balabio, dont les hauteurs maximum sont de 200 mètres environ.

Si je m'appesantis autant sur la diminution des hauteurs des montagnes de formation ancienne, à mesure que l'on s'avance dans le Nord, c'est qu'il en découle une observation importante, en effet :

La carte (Pl. I) montre que la Nouvelle-Calédonie est entourée d'une ceinture de coraux qui se prolongent un peu dans le *sud*, mais surtout dans le nord, où ils s'étendent jusqu'à plus de 100 lieues. Or, d'après la théorie qui explique ces coraux isolés par l'abaissement lent et successif des terres qu'ils entouraient autrefois, et enfin leur disparition totale ou partielle, le *nord* de la Nouvelle-Calédonie aurait dû s'enfoncer beaucoup plus que le sud, et c'est exactement ce que nous montre la diminution constante, à mesure que l'on s'avance vers le *nord* des hauteurs des formations de même âge, de même nature. Nous verrons même plus tard, dans le sud, ces mêmes micaschistes n'apparaître qu'à plusieurs centaines de mètres d'altitude, mais il est vrai de dire que cette différence énorme de niveau peut très-bien être produite en grande partie par l'apparition des roches éruptives sur lesquelles le micaschiste repose.

La chaîne des micaschistes du nord-est y borde en général le rivage de la mer, ne laissant entre ses pieds et les flots qu'une bande de terrain étroite, mais bien arrosée et fertile; quant aux montagnes, leurs flancs et leurs sommets sont arides (Pl. II, *fig.* 3).

En jetant les yeux sur la carte, on s'aperçoit aussi que les rivages correspondants à ces micaschistes ne sont point dentelés comme ceux formés par les roches magnésiennes

du sud, qui s'échancrent profondément en plusieurs points, formant ainsi des ports pleins de sécurité et très-précieux dans ces pays, où la mer est à peu près la seule voie de transport et de communication.

Entre Hienguène et Panié, au point où on rencontre les micaschistes, ils sont associés à des schistes à feuillets très-minces, légèrement ardoisiers, injectés eux-mêmes de grenats comme les micaschistes, qui eux sont aussi très-tourmentés dans ce lieu de jonction; ils sont recourbés et plissés dans tous les sens, et, comme là, ils bordent la mer, ils y forment de hautes murailles dont les flots ont usé la base, de telle sorte qu'ils surplombent le sentier qui côtoie le rivage; en certains endroits même, des éboulements gigantesques se sont produits, des blocs de plusieurs centaines de mètres cubes sont tombés du haut de la montagne et sont venus s'amonceler sur les bords de la mer. Le sentier qui passe sur ces décombres devient alors très-périlleux, car il faut souvent s'élancer d'un bloc sur un autre, pendant que l'on voit au-dessous de soi, à une grande profondeur, la mer se briser avec force et mugir en pénétrant sous les voûtes de ces énormes roches superposées. Ces schistes sont fusibles en émail noir.

A Panié on remarque, coupant les micaschistes, des *Euphotides* en filons abondants, mais de faible épaisseur; dans cette roche, la *Diallage* est ordinairement dans un état de décomposition plus ou moins avancée, enfin elle offre absolument les mêmes allures et le même aspect que celle qui, dans le sud de l'île, se montre avec tant d'abondance. Nous aurons à revenir sur ces rapprochements qui nous serviront beaucoup à éclairer la série des époques géologiques de la Nouvelle-Calédonie, qu'il nous suffise de dire actuellement que, dans le sud, les micaschistes ne se trouvent qu'en faibles lambeaux au-dessus de ces *Euphotides* et à une hauteur approximative de 200 mètres au-dessus du niveau de la mer; là, la roche éruptive a soulevé;

ici, à Panié, elle a seulement pénétré dans la roche, d'après ce que l'on voit.

Des veines de quartz lenticulaire, atteignant parfois de grandes dimensions et une régularité de filon, sont couchées dans les micaschistes parallèlement à leurs strates. Ces bancs de quartz sont presque toujours pyriteux, et ce fait fut, il y a quelques années, la cause d'une fausse alerte, car on crut avoir trouvé de l'or; c'était au village même de Panié. M. Bérard, ancien officier de marine, qui plus tard fut massacré par les naturels avec une dizaine de ses compagnons, visitait cette petite tribu, lorsqu'il se trouva subitement en présence d'un filon de quartz pyriteux, au milieu des micaschistes; la pyrite était d'un beau jaune d'or. Il crut avoir trouvé le précieux métal, et sur-le-champ fit extraire de ce filon, à coups de marteau, tout ce qu'il lui fut possible de retirer avec ces outils impropres, transporta le tout à Nouméa, chef-lieu de l'île, où on lui fit connaître son erreur. Dans l'état de joie où cette découverte supposée avait mis l'infortuné Bérard, il combla de présents le naturel qui l'accompagnait dans cette excursion; celui-ci avait gardé le souvenir de cette générosité, si rare ordinairement de l'Européen au Kanak, aussi, lorsqu'il vit arriver dans sa tribu, peu fréquentée par les blancs, un *capitani* qui recueillait des pierres, il s'empressa d'accourir vers moi, parvint à m'expliquer les faits que je viens de raconter et me conduisit vers ce quartz pyriteux, où je reconnus, en effet, la trace des travaux de Bérard. Le filon de quartz a environ 1 mètre d'épaisseur et se dirige, comme les micaschistes, au nord 25° est, s'inclinant vers l'ouest.

Les micaschistes de Panié contiennent aussi de nombreux cristaux cubiques de pyrites de fer.

Tribu de Poëbo. — Mines d'or. — Au nord de Panié on rencontre la grande tribu de Poëbo, dans laquelle, au mois de mars 1863, des chercheurs d'or trouvèrent le précieux métal dès les premiers pas qu'ils firent sur ce territoire;

mais le peu d'abondance de l'or leur fit bientôt abandonner ce point. Ces mineurs explorèrent alors les terrains dans différentes directions, où leurs recherches furent encore moins heureuses. Le découragement s'empara d'eux, et presque tous abandonnèrent les recherches commencées, cependant, avec un certain succès; il est vrai qu'ils renoncèrent à ces explorations, bien plus à cause de leurs faibles ressources et de leur nombre insuffisant que parce que la nature de la contrée leur offrait peu d'espoir; je dirai même qu'ils s'éloignèrent à regret de ces vallées qui devaient probablement contenir la richesse. Un seul d'entre eux, ancien mineur d'Australie et de la Nouvelle-Zélande, un Breton, avec la ténacité particulière aux hommes de ce pays, éleva sur le terrain aurifère lui-même une petite case et continua assez longtemps les recherches. Je le retrouvai encore là au milieu de 1864, travaillant ferme, retournant la terre dans tous les sens, avec cette fiévreuse ardeur qui anime le chercheur d'or et décuple ses forces; mais quand il eût vu nos propres recherches infructueuses, fatigué enfin de vivre d'espérances et des racines que la générosité *kanake* lui octroyait, il cessa cette lutte et s'éloigna.

J'ai déjà dit qu'à cause du manque de plaines en Nouvelle-Calédonie, l'or ne pouvait y être qu'en filons. Le docteur Clarke disait en 1851 :

« Comme la Nouvelle-Calédonie et la Nouvelle-Zélande sont évidemment de simples sommets s'élevant au-dessus de la grande terre submergée, de laquelle les Cordillères australiennes sont le parallèle principal, les roches les plus anciennes de toutes ces contrées étant identiques, on ne peut presque pas douter désormais que ces deux îles ne seront ajoutées à la liste des contrées aurifères. » (*Plain statements*, by W. B. Clarke, 1851, p. 6.)

De nombreuses années se sont écoulées depuis que ce savant géologue a prononcé ces paroles, et depuis, la Nouvelle-Zélande a découvert d'abord quelques parcelles

du précieux métal; l'indécision et le doute ont flotté aussi sur ce pays, puis enfin des richesses réelles et indiscutables ont été mises à jour; le travail et la persévérance avaient enfin surmonté les difficultés.

En Nouvelle-Calédonie jusqu'ici, on a été moins heureux, car le gîte aurifère de Poëbo est encore le plus important de notre colonie, et il est de beaucoup trop pauvre pour être exploité. L'or à Poëbo se trouve à 3 ou 4 kilomètres dans l'intérieur des terres; le sentier qui y conduit traverse d'abord, sur les rivages de la mer, des micaschistes grenatifères; plus loin, on rencontre quelques collines couvertes d'une argile rouge, mais si l'on creuse cette argile, on met bientôt à découvert un micaschiste entièrement chargé de grenats ferrifères dont la décomposition produit l'argile elle-même; une particularité de cette roche qui se transforme, c'est qu'elle affecte souvent la forme sphéroïde, et que, dans le centre de ces sphères, le grenat est moins abondant; il y paraît remplacé par une matière quartzeuse et pyriteuse : ces sphères, au milieu des produits argileux et tendres, dus à la décomposition, sont remarquables par leur ténacité et leur dureté; elles sont souvent recouvertes d'une couche de manganèse oxydé mamelonné.

De nombreux filons de quartz coupent ces micaschistes dans tous les sens, contenant des pyrites, beaucoup de titane rutile et de l'épidote zoïsite.

La direction des micaschistes est à peu près le nord-nord-est.

Ces collines argileuses débouchent enfin au bord d'une petite rivière torrentueuse, encaissée dans une vallée profonde, où l'on voit la couche d'argile qui renferme l'or, argile rouge, très-pâteuse, formant une couche de 10 à 12 centimètres d'épaisseur seulement; elle recouvre les berges de la rivière, mais encore sur une surface très-limitée, car l'espace qu'elle occupe n'est que le fond d'un vaste entonnoir, vers lequel viennent converger les parois

des hautes montagnes environnantes ; la rivière recoupe naturellement cet entonnoir ; en amont, son lit est très-rapide, rempli de cascades ; en aval, elle passe entre deux murs verticaux assez élevés : c'est une colline, contre-fort des montagnes voisines, à travers laquelle elle s'est frayé un passage.

Le lavage de la petite couche argileuse fournit quelques paillettes d'or ; celles-ci sont aplaties, leur surface est rugueuse et ravinée comme on l'observe pour l'or des filons ; on y rencontre aussi des débris de quartz à angles vifs, enveloppés par l'argile et une forte proportion de titane rutile, de fer oxydé, pyriteux, de grenats et d'autres cristaux non encore déterminés.

De cet état actuel des choses, il paraît résulter que, pendant longtemps, les alluvions entraînées des différents points des parois intérieures du vaste cône renversé, arrivaient à la longue dans cette partie, la plus basse, où se trouvait probablement un lac avant que la rivière ne s'ouvrît un passage dans la colline qui forme l'entonnoir en aval ; là, les parties légères et terreuses des alluvions étaient délayées et entraînées par les eaux pendant que les parties lourdes s'accumulaient dans le fond ; mais que de siècles il a fallu et quelle immense quantité de roches les eaux ont dû entraîner, triturer et user pour fournir la petite quantité d'or que l'on trouve au fond de l'entonnoir, si l'on en juge par l'abondance relative dans ce fond argileux du titane rutile mélangé à l'or et sa rareté au milieu des filons de quartz environnants, de la désagrégation desquels, cependant, ce titane provient !

La couche argileuse aurifère diminue à mesure qu'elle s'approche du lit de la rivière ; enfin, elle disparaît et se trouve remplacée par les sables et les blocs roulés du torrent. Me trouvant dans ces parages à une époque de sécheresse, j'entrepris de fouiller dans le lit même de la rivière jusqu'aux micaschistes en place ; j'établis les fouilles dans

le point du lit de ce torrent qui se trouvait traverser la couche argileuse aurifère, et précisément en face du point de cette couche qui avait paru le plus riche au lavage : il était certain que tout l'or de l'argile devait se retrouver mélangé aux sables de la rivière; de plus, l'action de l'eau ayant entraîné une grande quantité des terres, je devais trouver un sable plus riche après ce premier lavage naturel. En effet, dans le puits que nous pratiquions, le lavage constant des sables nous donna constamment des parcelles d'or; la couche de plus grande richesse fut naturellement la couche au contact de la roche en place; mais, quoique ce travail fut effectué dans une bonne saison, les difficultés en étaient grandes, à cause de l'invasion constante des eaux, d'une part, et d'autre part, la présence de blocs énormes au milieu de ces alluvions.

La rivière qui traverse ce gisement offre aux époques pluvieuses un courant rapide et puissant, ce qui est attesté par la nature des alluvions elles-mêmes, qui ne sont composées que de roches de grande dimension, car celles d'un faible volume sont entraînées au loin lors des inondations; d'après cela, on peut raisonnablement supposer que le fond de l'entonnoir était autrefois un lac aux eaux tranquilles, dans lequel se déposaient les alluvions aurifères; mais à mesure que le niveau de la digue descendit, les dépôts qui s'étaient accumulés dans le fond du lac furent entraînés par les eaux du torrent, qui pouvaient alors exercer toute leur action, et la plus grande partie de l'or dut s'écouler ainsi, ne pouvant, malgré son poids spécifique, résister aux influences réunies de la pente, du courant et de l'action mécanique produite par les sables et cailloux de contact que les eaux entraînaient.

Par suite, des fouilles en aval et dans le lit même de la rivière devraient amener la découverte d'un gisement plus riche; mais, comme on l'a vu plus haut, le lit de la rivière se resserre subitement pour passer entre deux berges

verticales; là, à cause de la profondeur des eaux, le draguage *seul* serait possible; il serait bon d'essayer de ce moyen, et dans le cas où il indiquerait une richesse suffisante, on pourrait, par des barrages bien disposés, détourner, en totalité ou en partie, les eaux de la rivière et opérer alors aisément et dans d'excellentes conditions.

A Poëbo, les micaschistes sont recoupés par une roche d'un vert bleuâtre, cristalline, fortement imprégnée de grenats dodécaédriques; cette roche, que nous retrouverons partout au milieu des micaschistes, mais avec quelques légères modifications, se compose ici, presque exclusivement, d'amphibole en masse, quelquefois bacillaire, enveloppant les grenats dont j'ai parlé.

De Poëbo à Balade. — De Poëbo à Balade, les micaschistes ont pris des allures plus uniformes; les lavages des alluvions composant les lits ou les estuaires des différents ruisseaux ne fournissaient toujours que quelques cristaux de titane rutile et de grenats; l'or ne se montrait que très-rarement et en bien faible quantité. A Balade, un nouvel élément est donné par le lavage des alluvions: ce sont des sables métallifères, noirs composés en grande partie de fer oxydé magnétique. A Balade aussi, les micaschistes deviennent très-quartzifères: de nombreux et puissants filons de quartz courent au milieu de ces schistes cristallisés, contenant surtout de la tourmaline noire fibreuse, des pyrites en enduits brillants, du rutile et du mica jaune d'or. Sur les hauteurs, les micaschistes ne contiennent souvent que des pyrites cubiques et sont dans un état de désagrégation constant; les paillettes de mica et les grains de quartz sont emportés par les eaux; quant aux masses de quartz lenticulaire, elles s'accumulent en tas immenses, blanchissant ces sommets arides, que de loin on croirait couverts de neige; quant aux pyrites cubiques de fer, qui sont quelquefois assez nombreuses au milieu des micaschistes, elles sont aussi mises en liberté par la désagrégation et

descendent dans le fond des ravins qu'elles tapissent quelquefois d'une couche abondante; mais dans le trajet qu'elles accomplissent, les frottements ont changé leurs formes cubiques primitives en une forme sphéroïdale, et elles sont devenues, par la désulfuration presque complète qu'elles ont éprouvé, de véritables *limonites*.

Les micaschistes de Balade courent au nord-est; ils sont recoupés par d'immenses filons de la roche amphibolique que j'ai signalée à Poëbo, mais ici les éruptions paraissent bien plus importantes; moins susceptibles de désagrégation que les micaschistes, ces roches éruptives s'élèvent au-dessus d'eux sous forme de gigantesques marches d'escalier; cette matière est ici très-cristalline et se compose essentiellement de feldspath albite, d'amphibole actinote d'un bleu verdâtre, de grenats, et enfin de micas *vert de chrome*, à grandes plaquettes; parfois aussi on y rencontre des cristaux d'*andalousite*. Ici, cette roche a l'apparence d'agrégats d'origine éruptive.

Ces filons coupent les micaschistes dans plusieurs directions qui oscillent entre l'est et le nord-est, et par suite l'ouest et le sud-ouest. Parfois la roche éruptive pénètre les micaschistes. Ainsi, comme exemple de pénétration, au contact des deux roches, on voit des filons de quartz du micaschiste s'imprégner d'amphibole actinote bleuâtre, au point de devenir semblable à la roche éruptive, mais, plus loin du contact, l'amphibole se divise, se ramifie au milieu du quartz, en cristaux verts et soyeux; dans d'autres cas, le micaschiste au contact voit s'interposer entre ses feuillets des éléments de la roche éruptive, le mica vert de chrome par exemple; quelquefois aussi l'actinote bleuâtre domine à peu près exclusivement, la schistosité de la roche augmente, elle devient à grains très-fins, à feuillets très-minces; elle a alors l'aspect d'un schiste ardoisier au premier coup d'œil. Doit-on donner un nouveau nom à cette roche fusible ou n'est-ce simplement qu'un schiste dioritique? Les

micaschistes de Balade sont associés à des stéaschistes qui sont aussi souvent mélangés de différents minéraux; l'épidote verte y forme des géodes, parfois aussi elle s'interpose entre les feuillets du stéaschiste en cristaux allongés, verdâtres ou incolores, bien définis, et qui sont aussi de la variété zoïsite. On trouve aussi dans les stéaschistes des noyaux de fer chromé, du manganèse oxydé et des noyaux d'un silex résinoïde, très-dense, ferrugineux, manganésifère (?) et imprégné de pyrites de cuivre.

Tout à l'heure dans la description des terrains du sud de l'île, où les matières magnésiennes ont pu arriver jusqu'au jour avec abondance, on verra que le fer chromé, le fer et le manganèse qu'elles contiennent dans le nord, en petite quantité, se montre dans le sud, mais aussi en proportion considérable.

De Balade à Tiari, où la formation des micaschistes disparaît sous les flots de la mer, les stéaschistes deviennent plus abondants; ils sont quelquefois alors très-tendres, très-onctueux et les indigènes en mangent, mais en très-petite quantité, et, je crois, par suite de croyances superstitieuses attachées à cette terre, plutôt que pour s'en nourrir.

A Tiari les schistes cristallisés contiennent beaucoup de pyrites cubiques et ils prennent aussi très-souvent l'aspect de schistes ardoisiers, toujours au contact des nombreux filons amphiboliques qui les pénètrent. — Les quartz sont aussi très-abondants.

Dans l'îlot de Pam les micaschistes se relèvent identiques à ceux que nous venons de voir; il en est de même dans l'île de Balabio, seulement ici les micaschistes se rapprochent tout à fait de ceux de Poëbo et le lavage des alluvions m'y a aussi donné beaucoup de titane ruthile; il serait possible que l'or se trouvât dans les filons de quartz de cette petite île, où je n'ai pu rester que 24 heures.

Schistes cristallisés du sud. — En parcourant les sommets de l'île Ouen, qu'un long canal de quelques centaines

de mètres sépare seul de la grande terre, on rencontre çà et là quelques traces des micaschistes du Nord; ils reposent ici sur les éruptions serpentineuses, les masses ferrugineuses qui les accompagnent et les Euphotides. On se demande en voyant ici d'aussi faibles représentants de cette formation ancienne encore si puissante dans le nord de l'île, ce que sont devenues dans le sud ces grandes assises cristallisées depuis l'époque où les roches magnésiennes les ont ainsi soulevées ?

Il est probable qu'en parcourant d'autres sommets que forment les éruptions serpentineuses dans la région du sud, on y trouverait des restes plus considérables de la formation des micaschistes dans le sud, et ce qui vient à l'appui de cette hypothèse, c'est que j'ai rencontré dans cette région, mais seulement à l'état de cailloux roulés dans les torrents de la Grande-Terre, des fragments de stéaschistes qui, à Balade, accompagnent les micaschistes.

FORMATION DES SCHISTES SERPENTINEUX, ARDOISIERS ET ARGILEUX.

Nous avons vu que dans le Nord-Est, à Panié, les micaschistes étaient associés à des schistes d'apparence ardoisière; comme nous allons le voir, ils forment un des trois types d'une formation puissante en Nouvelle-Calédonie, qui sont des schistes serpentineux, ardoisiers et argileux.

Schistes de Panié. — A cause de leur position immédiate au-dessus des micaschistes, je place ici ces schistes qui s'étendent jusqu'au sud de Hienguène.

Ces schistes souvent découpés par des filons de quartz, sont en divers points plissés et contournés; enfin ils montrent quelquefois dans leurs cassure de petits cristaux de grenat et des pyrites; leur couleur est le gris-bleuâtre foncé; ils développent sous l'haleine et à la râclure une forte odeur argileuse; cependant ils sont très-facilement

fusibles. — Aucun débris fossile n'a été rencontré au milieu d'eux ; ceci, joint à leur association aux micaschistes, les ferait ranger dans les étages primaires.

Schistes serpentineux et ardoisiers. — A Houagap particulièrement, mais aussi dans plusieurs autres points de l'île, ces schistes paraissent pareils à des ardoises, qui offrent encore le caractère particulier d'être fusibles.

Ces schistes phylladiens sont découpés dans tous les sens par mille fissures; quoique en minces feuillets, qui donneraient des ardoises assez bonnes, ils sont donc trop peu réguliers pour être utilisés et exploités dans des conditions d'économie suffisantes, et les nombreuses tentatives que l'on a faites pour employer ces schistes comme téguments ont provoqué des travaux qui ont permis de constater dans ces ardoises l'absence de restes organiques; on les trouve souvent associées à des pyrites et traversées par quelques concrétions calcaires; quelques filets de quartz les recoupent aussi. — La direction de ces schistes est le Nord-Nord-Est, ils inclinent vers l'ouest; cette allure correspond à peu près au soulèvement serpentineux. — Du reste, ces ardoises reposent ici sur des schistes serpentineux dans une position qui ne permet pas de révoquer leurs corrélations; outre la position de ces deux roches il y a leur structure qui est la même; en effet, ces deux types de schistes sont coupés dans tous les sens par des fentes, correspondant à des *surfaces gauches*, qui, dans les schistes serpentineux, sont presque toujours rayées comme par le passage d'une matière plus dure; dans ce cas, ces surfaces sont recouvertes d'un enduit plus ou moins épais de serpentine pure; enfin, ces plans gauches découpent quelquefois dans la masse schisteuse un noyau tétraédrique assez petit, dont le faible volume est alors durci et comprimé à la suite de la compression à laquelle il a été soumis lors de l'intrusion autour de lui des matières serpentineuses éruptives.

Dans les schistes ardoisiers les phénomènes sont moins

violents, les fentes sont seulement remplies parfois d'une matière stéatiteuse blanchâtre.

— Le passage insensible de la serpentine à un schiste a été déjà observé; ainsi à Odern, dans les Vosges, elle passe à un schiste transitoire; le même fait s'observe à la Goutte-Grand-Saül près de Chagey (*).

Mais la pénétration de ces matières éruptives s'arrête à une certaine hauteur, et nous trouvons les schistes ardoisiers fendillés sous cette action puissante.

Mais, dans ce mélange intime avec les serpentines, ces schistes inférieurs ont perdu leur fusibilité, tandis que les schistes phylladiens l'ont conservée, quoique fondant déjà moins aisément qu'à Hienguène.

Schistes argileux. — Ces schistes représentent le troisième type de cette formation ; ils sont intimement liés aux schistes ardoisiers, qu'ils recouvrent toujours ; argileux, blancs-grisâtres, quelquefois rouges ; imprégnés de fer oxydulé magnétique en très-petits grains ; souvent traversés par des filons de quartz blanc compact.

Ces schistes offrent une particularité bien remarquable, c'est que, malgré leur association évidente aux ardoisiers, ils ne sont point fusibles comme eux ; cependant on pourrait attribuer leur infusibilité à ceci, c'est que, comme nous l'avons vu, les schistes fusibles de Hienguène sont imprégnés de grenats, qui s'y sont probablement formés sous l'influence de la roche amphibolique, dont les filons recoupent, comme nous l'avons vu, les micaschistes et les schistes du nord-est ; il a pu suffire de l'arrivée de cette roche fusible, au milieu de ces schistes argileux, pour les rendre eux-mêmes fusibles, ardoisiers et les colorer en gris bleuâtre. J'ai du reste observé que ces schistes ardoisiers sont toujours dans le voisinage de roches éruptives fusibles. Mais ceux d'entre ces schistes, qui n'ont pas été soumis à cette influence postérieure, sont

(*) *Annales des mines*, 4e série, t. XVIII, p. 348. M. Delesse, Description de la serpentine des Vosges.

restés infusibles, blancs et argileux, et sont le plus ordinairement dans les parties supérieures.

Cette série de schistes qui se serait produite d'abord sous l'influence des mêmes circonstances, se distingue par la finesse de la pâte argileuse qui la compose et son homogénéité; la surface et la hauteur de ces schistes lorsque les éruptions les soulevèrent, devaient être considérables, car, malgré leur désagrégation constante depuis cette époque, nous verrons qu'ils forment encore des couches puissantes, des montagnes très-élevées et se montrent dans une très-grande portion de l'île. La longue période de temps pendant laquelle se déposèrent ces schistes, dut être tranquille et monotone, car au milieu de la régularité parfaite de ces dépôts immenses, je n'ai jamais trouvé la trace d'une faune ou d'une flore quelconque.

Si je m'étends beaucoup sur cette série de schistes c'est qu'ils composent une très-grande partie du squelette extérieur de la Nouvelle-Calédonie; de plus, quoique tous placés sur la côte est, dans le centre et dans le nord de l'île, ils paraissent avoir de grandes similitudes avec les *schistes feldspathiques* que nous étudierons bientôt sur la côte occidentale, qui, comme eux, ont été affectés d'abord par des éruptions porphyriques, ensuite par l'arrivée des mêmes roches magnésiennes. Une étude plus approfondie établirait peut-être encore des relations entre les éruptions amphiboliques des schistes cristallisés du nord et les éruptions porphyriques de la côte occidentale.

PARTIES DE L'ÎLE OÙ SE RENCONTRE LA SÉRIE DES SCHISTES SERPENTINEUX, ARDOISIERS ET ARGILEUX BLANCS.

Dans le sud de l'île, au mont d'Or, à Koé se rencontrent, au contact des éruptions de serpentines, quelques schistes serpentineux, mais leurs caractères ne sont point aussi bien tranchés qu'à Houagap, leur formation est du reste fort peu éten-

due; il n'est cependant pas douteux que l'origine de ces schistes ne soit la même que celle des schistes serpentineux du Nord.

De Nouméa à Kanala. — Lorsqu'on traverse l'île en allant de Nouméa à Kanala, on commence à rencontrer à *Ahoui* les schistes serpentineux dans le fond des vallées et, à partir de ce point, jusqu'à Kanala, on trouve, généralement dans des vallées, des schistes serpentineux et sur les sommets les schistes argileux blancs ou rougeâtres; toute la série étant habituellement découpée par des filets de quartz, quelquefois chargé d'épidote.

De Kanala à Ouaraï. — De Kanala à Ouaraï on traverse l'île en suivant une route assez facile, car après avoir franchi la chaîne de montagnes qui contourne la plaine de Kanala, on rencontre sur le versant opposé la source de la rivière d'Ouaraï, dont le lit offre une route suffisamment bonne dans ce pays où l'on ne voyage qu'en gravissant et descendant constamment des chaînes de montagnes. Dans ce parcours on observe aussi que le centre de l'île est presque complétement formé de schistes serpentineux, surmontés toujours par les schistes argileux; seulement ici les roches magnésiennes éruptives percent assez souvent les terrains et se montrent à découvert.

De Ouaïlou à Houagap. — De Ouaïlou à Houagap on retrouve encore la même série de schistes; à Ponérihouen, la variété ardoisière forme des bancs puissants; à Amoi, au sud-sud-ouest de Houagap, les schistes argileux se montrent en chaînes considérables et très-élevées.

De Houagap à Gatope. — Les schistes ardoisiers, serpentineux et argileux se montrent sur presque tout le parcours de cette route: on les trouve à Poimbey, associés à des calcaires dont nous parlerons tout à l'heure. Au delà du centre de l'île, à Pamalé, on retrouve les schistes ardoisiers gris-bleuâtres, mais alors ils sont plissés et contournés dans tous les sens; à Tchita, le long de la rivière de Voh, qui se déverse dans la mer à Gatop, nous retrouvons des schistes

ardoisiers, quelquefois satinés, courbés dans tous les sens ; leur direction est le N. 70° O.

Bassin du Diahot et Arama. — Enfin dans le nord, la plus grande partie du bassin du Diahot et tout le territoire de la tribu d'Arama, sont composés de schistes ardoisiers et argileux ; à Arama, cette formation présente la plus grande régularité, mais au Diahot elle est souvent traversée par des stéatites et du quartz en filons.

Hauteurs de ces formations. — Cette série offre souvent des pics d'une hauteur assez considérable parfois très-effilés, tel est celui de *Nindo* à Arama, qui se présente comme une aiguille ; il est formé par les schistes argileux qui dans ce point sont relevés eux-mêmes verticalement, présentant une colonne aiguë, isolée, dont l'aspect a frappé l'imagination même des indigènes, car ils font de ce point élevé de 600 mètres environ au-dessus du niveau de la mer, un lieu consacré où ils viennent apporter des offrandes à leurs dieux.

Vient ensuite à Amoi le pic de ce nom qu'il est à peu près impossible de gravir jusqu'à son extrémité, tant il est vertical ; il a 8 à 900 mètres d'élévation.

Calcaires associés à la série schisteuse précédente. — Ces calcaires se développent surtout de Hienguène à Houagap sur une longueur de 25 à 30 kilomètres ; là ils sont placés au-dessus des schistes ardoisiers ; leur structure est souvent schisteuse, ils sont plissés et contournés dans tous les sens, et, comme on les rencontre là le plus souvent sur les rivages de la mer et baignés dans ses eaux, ils y sont alors percés et rongés par de nombreux lithophages. Ces calcaires découpés par des veines de quartz sont eux-mêmes très-durs et très-siliceux, mis dans un acide l'effervescence s'arrête bientôt, et, ce calcaire dissous, il reste un squelette siliceux conservant la forme de la portion attaquée.

Souvent aussi ces calcaires sont caverneux et se dressent au-dessus du sol en masses imposantes ; tels sont ceux de Hienguène, qui surgissent du sol ou du sein de la mer pour

s'élèvent verticalement à 150 ou 200 mètres de hauteur; la vue suivante est celle du fond du port de Hienguène, où l'on a donné aux calcaires A le nom de Tours Notre-Dame. Les calcaires B peuvent être traversés en suivant une grotte intérieure qui est au pied du pic (*fig.* 4, Pl. II).

Dans tous les cas ces calcaires sont un très-bel exemple de dénudation sous l'action des agents atmosphériques.

Peu après mon arrivée en Nouvelle-Calédonie, j'aperçus, en passant au lieu appelé Bangou près du village du chef Jacques Quindo, des roches calcaires dont la forme extérieure rappelait celle d'Hienguène. Je n'ai pas eu le loisir d'y revenir; mais si, comme je le suppose, elles sont identiques, elles pourraient amener par leurs relations avec les roches de la côte occidentale des éclaircissements très-importants, et cela d'autant mieux que ces calcaires ont paru aux géologues appartenir à l'étage silurien.

Les calcaires reposant sur les schistes ardoisiers à Hienguène ne sont pas les seuls que l'on rencontre dans cette position, car, en remontant la rivière de Houagap, à 15 milles environ, à Poimbey, petite tribu de l'intérieur, dont mes compagnons et moi étions les premiers visiteurs, je rencontrai un calcaire saccharoïde, rose, passant au vert et au blanc, coupés dans tous les sens par une infinité de petits filets de quartz, ces calcaires reposent à leur tour sur des schistes ardoisiers, tandis qu'au-dessus d'eux se montrent encore des schistes argileux blancs. Tout ce système est dirigé nord-est, s'incline vers l'ouest; ce qui est à peu près l'allure des schistes ardoisiers de Houagap.

Ces calcaires de couleur très-riante et de grain très-fin fourniraient un superbe marbre statuaire; dans ce point où il est poli par les eaux de la rivière, il resplendit au soleil et forme un beau cadre à la chute d'eau retentissante de la Ti-Houaka, qui là, se précipite tout entière d'une hauteur verticale de 15 ou 20 mètres.

ROCHES DÉVONIENNES (?) DANS LES ENVIRONS DE NOUMÉA.

Je vais parler d'un genre de roches intimement associées aux schistes feldspathiques des environs de Nouméa; ces roches offrent un intérêt très-grand car nous en connaissons l'âge d'une façon à peu près certaine, et ceci d'après l'assertion suivante donnée par le docteur Clarke, dont j'ai eu déjà souvent besoin de citer les recherches :

« ...... Je trouve une identité parfaite entre les formations avoisinant Nouméa et celles de Bingera, dans la Nouvelle-Galles du sud. Quelques échantillons de ces deux localités furent placés les uns à côté des autres, et ils apparurent à mes amis aussi bien qu'à moi-même, comme s'ils avaient fait partie des mêmes bancs. » (*Recent geological discoveries in Australasia*, 1861, p. 7.)

Or les formations de Bingera, d'après les débris fossiles qui y ont été rencontrés, ont été déterminées comme *Déveniennes*. Il doit certainement y avoir synchronisme entre ces deux formations situées dans les mêmes zones et dont l'identité minéralogique est reconnue; par suite nous pouvons hardiment regarder ces formations comme *Dévoniennes*.

Étendue. — Parallèlement à la *grande chaine magnésienne éruptive*, c'est-à-dire dans la direction du nord-ouest, apparaissent ces terrains composant l'îlot Charron, l'îlot de Brun (île aux Lapins), l'île Nou, l'île Nié (aux Chèvres), et l'île Freycinet (N'gu), la presqu'île de Nouméa et une partie de celle de Païta. Les roches de cette formation sont principalement des calcaires, conglomérats, poudingues, brèches, et enfin les schistes feldspathiques. Ceux-ci, comme nous l'avons dit, se montrent tout le long de la côte occidentale; après eux les brèches sont les roches qui se retrouvent le plus loin dans le nord et même à Kanala, sur la côte est. Quant aux calcaires, ils sont limités aux îlots et presqu'îles cités.

Description des roches de cette formation. — *Calcaires de la pointe de l'Artillerie.* — Ces calcaires qui forment toute une pointe qui s'avance dans la mer, où elle se termine à pic, sont compacts, un peu siliceux, traversés par de nombreuses veines de calcaire spathique; ils tiennent parfois des pyrites sphéroïdales, et très-souvent des noyaux de silex. Ils offrent quelquefois aussi des cavernes tapissées de calcaire concrétionné; ce calcaire n'a présenté jusqu'ici aucun débris fossile, cependant il est depuis longtemps déjà le sujet de nombreuses fouilles pour l'extraction de la pierre à chaux, etc...

Les bancs supérieurs de cette roche sont usés, mamelonnés, polis, comme par un long frottement d'eaux en mouvement; on observe surtout cela dans le col qui recoupe la chaîne sur la route de Nouméa à la baie des Anglais; en ce point, les calcaires paraissent s'enfoncer sous des masses argileuses qui semblent dues, soit à un produit de transport, soit, plutôt, à un certain état des brèches, dont un des éléments surtout serait en abondance et en décomposition; nous allons étudier ces brèches et voir les transitions par lesquelles elles passent.

Brèches. — Les brèches, nous l'avons dit, sont abondantes non-seulement autour de Nouméa, mais font leur apparition dans beaucoup d'autres points de l'île, affectant cependant des constitutions parfois très-diverses.

Au sujet des schistes feldspathiques, nous donnerons une coupe montrant le passage aux brèches de ces schistes; ailleurs (*fig.* 6, Pl. II), les schistes C passent d'abord à un grès A, puis aux brèches B; ailleurs encore, dans l'île Nou, ce sont des poudingues, qui passent à des brèches; les deux roches étant accompagnées de nombreux rognons sphéroïdaux de pyrites. Ici le poudingue se compose essentiellement de silex noir et de quartz hyalin.

D'après ce que nous voyons, ces brèches paraissent toujours être la limite de roches quelquefois assez différentes;

voici la description de quelques-unes de ces brèches, que l'on peut voir dans ma collection :

1° Échantillon représentant une brèche formée de quartz noir, de quartz hyalin et de calcaire spathique;

2° Échantillon d'une brèche composée de quartz noirâtre, de quartz hyalin et de silex désagrégé superficiellement; cette particularité du silex s'observe également souvent, comme nous le verrons, pour des rognons de silex et d'opale intercalés dans des serpentines, et je ne serais point surpris, quoique je n'aie pu le constater, que ces brèches à silex en décomposition ne soient, elles, postérieures aux serpentines qui leur auraient fourni cette matière qui leur est commune;

3° Échantillon de la brèche précédente avec addition de *limonite*, qui s'isole quelquefois et forme les grandes masses d'argiles rouges ferrugineuses sous lesquelles s'enfoncent les calcaires de la *Pointe de l'Artillerie*, dans lesquelles on trouve, disséminés dans leur masse, des cristaux de gypse, lenticulaires, aplatis, rougeâtres et de la variété trapézienne.

Comme les brèches d'où elles paraissent provenir, comme les poudingues et les calcaires décrits, ces argiles contiennent aussi beaucoup de rognons sphéroïdes de pyrites et surtout des amas, globulaires aussi, mais de plusieurs mètres de diamètre parfois, de silex jaunâtre, blanc de lait ou bleuâtre. En résumé tous les éléments des brèches prennent dans certains points des proportions gigantesques par rapport à nos termes de comparaison, de telle sorte que passant successivement d'un énorme amas de silex sur un autre de limonite et ainsi de suite, on ne s'aperçoit pas, au premier abord, de la liaison de ces amas. Ainsi, on voit affleurer auprès de la *Caserne* d'immenses bancs de jaspe rouge, accompagnés de fer oligiste; ailleurs ce même jaspe, en petits fragments, forme bien une partie composante d'une

brèche; au Mont-d'Or, à Kanala, etc., on voit le même jaspe recoupé par des filets de quartz.

Les brèches des environs de Nouméa tiennent aussi quelquefois des silex verts, d'un très-joli aspect. Ces abondantes formations de brèches sont utilisées pour la construction; les variétés calcaires sont très-belles, prennent bien le poli et feraient des pierres de monuments.

Malheureusement en Nouvelle-Calédonie, cette formation dévonienne (?) manque tout à fait de fossiles; pourtant, en prolongeant la ligne suivant laquelle elle s'étend on arrive à l'île *Ducos*, où apparaît une *grauwake* contenant des *brachiopodes roulés*, en abondance, mais à peu près indéterminables, même au point de vue générique; cependant, d'après leur facies ancien, une forme ayant quelque rapport avec l'*orthisina anomala* du silurien moyen ou supérieur de Russie; des genres voisins des *leptæna*, des *spirifères*, des *orthis* du groupe de l'*orthis lynx*, on se croirait en face d'une grauwake du silurien moyen ou supérieur.

A l'île Ducos la grauwake précédente ne s'élève que de quelques mètres au-dessus du niveau de la mer et l'on n'aperçoit pas, immédiatement au-dessus d'elle, les roches de la formation dévonienne. Mais, comme nous l'avons dit et comme on le voit sur la carte, les étages dévoniens n'apparaissent que de loin en loin dans des îlots ou des pointes de terre; ils ont subi l'acte de la dénudation sur une grande échelle, nous en avons une preuve dans les surfaces polies et ondulées par les eaux qu'affectent les parties supérieures de ces terrains; une deuxième preuve existe à Tongoin, sur la grande terre, un peu au sud de l'île Hugon, là se présentent des amas très-considérables d'un poudingue dont une des parties constituantes est le calcaire siliceux de l'étage dévonien (?). Ce poudingue est traversé par des filets de calcaires spathiques analogues à ceux qui, nous le verrons, accompagnent le cuivre dans cette contrée.

Trias. — Au-dessus de la grauwake précédente, à l'île

Ducos, mais séparés par des conglomérats, se trouve une roche jaunâtre, argileuse, un peu calcaire, en assises superposées, contenant une très-grande abondance de fossiles, dont la principale est une bivalve très-voisine, ou même identique au *monotis Richmondiana* (Deslonchamps) et au monotis salinaria, var. Richmondiana, (Zittel ; expédit. de la Nowara, table VI, *fig.* 1) de Richmond île du Sud, Nouvelle-Zélande.

Avec cette roche on rencontre aussi les fossiles suivants qui ont été déterminés par M. E. Deslonchamps (*) :

Turbo Jouani.
Astarte. (Sp. ind.).
Spirigera (?) Caledonia.
Spirigera Planchesi (nov. sp.).
Spirifer (sp. ind.).

Tous ces fossiles ont été trouvés dans l'île Hugon, qui n'est séparée de l'île Ducos que par un canal de 100 mètres environ de largeur.

A l'île Ducos, au-dessus des calcaires à Avicula Richmondiana, on rencontre des rognons de calcaires magnésiens, subcristallins, gris foncé et très-durs, renfermant une coquille triasique identique à une espèce de la Nouvelle-Zélande, figurée par M. Zittel et rapportée par cet auteur à l'Halobia Lomelli. Les couches qui renferment cette espèce doivent représenter le trias moyen ou supérieur.

Enfin, dans l'île Ducos encore, à 150 mètres environ au-dessus des calcaires à A. Richmondiana, des calcaires impurs, souvent remplis de grains verdâtres, renfermant une coquille qui doit se rapporter au genre *Myoconcha* et qui peut être considérée comme identique au *Mytilus problematicus* (Zittel), provenant encore des couches triasiques de la Nouvelle-Zélande ; c'est le seul renseignement que nous ayons ici sur l'âge de ce calcaire.

(*) *Documents sur la géologie de la Nouvelle-Calédonie*, Deslongchamps, 1864.

Ile Hugon. — Cette île, très-voisine de l'île Ducos, a, en plan, la forme d'un triangle isocèle; elle est formée d'une longue arête montagneuse, qui prend naissance dans la partie méridionale et court au nord-nord-ouest, divisant les terres en deux parties.

Les roches composantes de cette île sont principalement des bancs de calcaire à Avicula Richmondiana, des poudingues et des porphyres; ceux-ci sont très-abondants sur la côte orientale de l'île, où ils surgissent au-dessus du sol, s'échelonnant par gradins à la manière des trapps, se découpant parfois en prismes immenses; parfois ils prennent ici la structure bréchoïde, que nous retrouverons à l'île Ducos accompagnant le cuivre et nous désignons ces roches sous le nom de ***Mélaphyres bréchoïdes*** (*).

Ile Ducos. — Une des plus vastes îles, entourant la Nouvelle-Calédonie, est l'île Ducos; elle est principalement formée de calcaires, poudingues et porphyres; nous venons de voir combien d'intérêt présentent les roches stratifiées de cette contrée, à cause des fossiles caractéristiques qu'elles contiennent et de la similitude de ces fossiles avec ceux de Richmond dans le sud de la Nouvelle-Zélande.

Les porphyres sont d'un autre côté fort intéressants, car ils se présentent sous des aspects nouveaux; ils soulèvent les calcaires à Avicula Richmondiana, de façon que ceux-ci sont dirigés du côté du nord-est et s'inclinent vers le nord-ouest. Le porphyre le plus répandu est compact, tenace, à retraits prismatiques, d'un bleu rougeâtre avec grands cristaux de feldspath, etc., contenant, çà et là disséminés dans sa masse, des cristaux de fer oxydé rouge.

Ce porphyre se montre sous divers aspects, tantôt il contient de grands cristaux de feldspath oligoclase, qui,

(*) J'ai rencontré aussi dans cette île de très-beaux échantillons de gypse; il serait intéressant d'en étudier les gisements.

parfois, se décompose lui-même; le porphyre devient alors grenu et friable. Enfin, ce porphyre passe à une wake, souvent accompagnée de zéolithes; sa masse est remplie de globules ferrugineux et affecte elle-même la forme sphéroïdale; cette wake devient aussi quelquefois amygdalaire, se charge de zéolithes, pendant que sa masse est découpée par des filets de quartz et de calcaire spathique à clivages rhomboédriques.

On voit encore le passage de ces porphyres à un mélaphyre bréchoïde; ceux-ci, en se décomposant, donnent une roche onctueuse, tendre, argileuse, d'un aspect tout à fait spécial.

C'est au milieu de ces wakes et de ces porphyres que se rencontre le *cuivre*, tantôt imprégnant un porphyre à texture compacte, tantôt en filon dans les wakes.

Dans le premier cas, le porphyre cuprifère est bleuâtre, à texture compacte, fort imprégné de limonite et de fer oxydulé; ce porphyre est en sphéroïdes de 1 à plusieurs mètres de diamètre, reposant dans un porphyre en décomposition, argileux, tendre, rouge, mais ne semblant pas du tout lui-même cuprifère. Dans ces sphéroïdes, le cuivre est à l'état de cuivre natif, carbonaté, oxydulé, pyriteux, etc.

Dans le deuxième cas, le cuivre est en petits filons ou nodules dans une wake; les filons sont principalement composés de chaux carbonatée spathique et la wake elle-même est imprégnée de ce minéral. Ici, le cuivre est principalement oxydulé, carbonaté bleu et vert.

Ces wakes à filons cuprifères ne sont séparées du premier mode de gisement du cuivre que par une épaisseur considérable de porphyres.

M. Rivot, ingénieur en chef des mines, qui a visité les mines de cuivre si importantes du lac Supérieur, à l'aspect des divers échantillons des filons cuprifères et des porphyres de la Nouvelle-Calédonie, m'annonça que la ressemblance avec ceux du lac Supérieur était telle qu'il aurait cru qu'ils

provenaient de cette dernière contrée, si je ne lui eusse annoncé qu'ils venaient de notre colonie : « Dans tous les cas, a-t-il ajouté, c'est de cette manière que le cuivre se présente *aux têtes des filons* du lac Supérieur, et d'après ces seuls indices, on doit s'attendre, par des recherches, à découvrir dans ces points un gisement de cuivre exploitable. »

Dans le nord de l'île Ducos, on rencontre des assises d'un calcaire gris de fumée contenant de petits noyaux verts, tendres, qui paraissent être de la glauconie; à la loupe, ces calcaires semblent formés à la manière des brèches. Les calcaires sont en bancs stratifiés et associés à des poudingues contenant les mêmes rognons verts de glauconie (?).

Sur la côte occidentale de cette île, surtout, se montre un porphyre euritique vert, très-analogue à une espèce que nous signalerons plus tard dans les terrains carbonifères.

ROCHE FELDSPATHIQUE SCHISTEUSE SUR LAQUELLE REPOSE LA FORMATION CARBONIFÈRE DE LA CÔTE OCCIDENTALE DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE.

J'arrive maintenant à un genre de schistes sur lequel repose ordinairement la formation carbonifère de la Nouvelle-Calédonie, et qui s'étend sur la côte occidentale, depuis le flanc nord-ouest du Mont-d'Or jusqu'à Koumac, suivant régulièrement le rivage, quoique interrompu parfois par des soulèvements magnésiens divers, qui, traversant les schistes feldspathiques, ont pu arriver jusqu'à la surface, où ils s'élèvent en montagnes arrondies ou bien s'étendent en petites chaînes.

Les schistes feldspathiques, comme je l'ai déjà dit plus haut, paraissent être en relation très-intime avec la série de ceux que j'ai déjà examinés; comme les schistes ardoisiers, ils sont très-facilement fusibles, mais cette fusibilité leur vient ici de leur intime association à des *porphyres euritiques* que

l'on retrouve à chaque pas faisant éruption au milieu de ces terrains sédimentaires : un deuxième rapprochement c'est que cette formation si étendue s'est toujours montrée privée de fossiles, à part cependant un cas exceptionnel dont je parlerai dans la description des terrains carbonifères. Enfin le dernier et meilleur argument c'est que, lorsqu'on s'avance de la côte ouest vers la côte est de l'île, on voit toujours les collines ordinairement basses, formées par des schistes feldspathiques, se recouvrir, en s'élevant, des schistes argileux blancs de la section que j'ai décrite tout à l'heure. Ce fait s'observe nettement sur la route de Nouméa à Kanala, aux environs du *Pic Ouitchambo*, dans la tribu de Bouloupari, et, en allant de Gatop (côte O.) à Houagap (côte E.), le long de la rivière de Voh, un peu avant d'arriver au village de Tchita.

Description de la roche schisteuse feldspathique. — Je vais maintenant décrire ces schistes feldspathiques et indiquer les différentes structures qu'ils affectent.

Cette roche schisteuse est très-feldspathique, par suite fusible ; sa structure est telle, dans la plupart des cas, qu'on ne saurait, suivant moi, l'expliquer que par un état de fusion pâteuse, ou même complète, par lequel aurait passé cette roche. Ainsi, quoique la stratification en soit encore parfaitement dessinée, ces schistes sont presque partout découpés par des lits, plus ou moins inclinés au plan des strates, parallèles, que l'on prendrait quelquefois de prime-abord pour la stratification véritable, mais qui ne sont que les fissures de retrait formées pendant le refroidissement de la roche. Enfin, en examinant un jour avec attention une tranchée faite dans ces schistes dans la ville de Nouméa, j'entrevis dans cette coupe des oscillations identiques à celles qu'éprouverait une masse très-pâteuse, à demi-liquide, que l'on mettrait en mouvement et qui, pendant cet acte, achèverait de se condenser, est

conservant néanmoins les formes ondulées que le mouvement lui avait fait prendre.

La couleur qu'affectent ces schistes varie du gris au brun noirâtre ; ils ont été traversés par d'abondantes vapeurs métallifères qui se sont souvent déposées en un enduit noir bleuâtre sur la surface de tous les feuillets schisteux.

Comme je l'ai dit, ces schistes sont découpés par des fissures de retrait; quelquefois encore, comme on l'observe sur la route de Nouméa au pont des Français, les fissures de retrait deviennent de larges fentes, qui se sont postérieurement remplies de débris entassés. La *fig.* 5, Pl. II, est la vue d'une tranchée de la route de Nouméa au Pont-des-Français. A est la fente, BB sont les schistes feldspathiques, et ici nous sommes précisément en un point où leur structure sphéroïdale s'est le plus développée. Ces sphèroïdes, dont quelques-uns ont ici plus de 1 mètre de diamètre, sont composés de couches minces concentriques qui s'exfolient en se décomposant au contact de l'air. En ce point qui est au bord de la mer, le rivage est garni de ces sphéroïdes qui ont roulé les uns sur les autres, après avoir été débarrassés du ciment qui les reliait. Les calottes extérieures en décomposition sont tendres et fragiles, mais l'intérieur est très-dur, très-tenace, bleuâtre, pyriteux et passe à un véritable porphyre euritique avec cristaux de feldspath orthose. Ici, comme dans un très-grand nombre de points, le porphyre lui-même a fait son apparition au milieu des schistes, et ceux-ci sont si bien transformés que souvent on a grand peine à s'apercevoir que l'on n'est plus en face de la roche sédimentaire, mais bien de la roche éruptive; la coupe *fig.* 6, Pl. II, nous en montre un bon exemple, je l'ai prise à Koé où on la voit sur la route qui conduit de l'habitation de M. Joubert à celle de M. Duboisé : A est un banc de porphyre euritique qui a 1^{m},50 environ de *puissance;* ce porphyre en B se décompose *sur place;* mais nous reviendrons plus tard sur ces roches plus récentes. Disons cependant ici que ce porphyre

est tenace, à cassure compacte et blanche; mais, à cause de la grande quantité de pyrites qu'il contient, il bleuit bientôt fortement, et, par degrés insensibles, passe à la roche schisteuse sphéroïdale, fusible, que nous voyons en C.

Une autre transformation remarquable des roches qui nous occupent est celle que l'on voit nettement à Nouméa dans le chemin qui, conduisant aux établissements de l'artillerie, a été taillé dans le flanc de la montagne qui borde, en ces points, la mer. Dans la *fig.* 7, Pl. II, les bancs *a* sont les schistes sphéroïdes ordinaires; les bancs *b* offrent des sphéroïdes porphyriques; dans les bancs *c*, les sphéroïdes s'allongent, envahissant le ciment qui tend à disparaître; mais ici la nature porphyrique du banc a subi un changement important, car, en divers points, les cristaux et la pâte d'eurite sont remplacés par des noyaux accolés à angles vifs, qui sont de véritables brèches; ces nids de brèches ou bréchiformes augmentent au contact du banc *d*, et enfin en *d*, sont devenus un véritable banc de brèches calcaires, dont les formations, souvent puissantes au milieu des terrains carbonifères, nous occuperont plus tard.

Dans les Vosges, le porphyre brun donne aussi l'exemple du passage d'un porphyre à une brèche.

Position relative des schistes feldspathiques. — Ces schistes, comme je l'ai dit, se rencontrent toujours à la base des terrains carbonifères. La *fig.* 8, Pl. II, est une coupe prise aux environs de l'habitation de M. Joubert à Koutio-Kouéta, c'est un chemin qui a découvert ces affleurements charbonneux sur une hauteur de 2 mètres environ; les inclinaisons sont à peu près verticales. Les trois bancs *b*, *d*, *f* sont composés d'un combustible pulvérulent très-impur, reposant sur des schistes de couleur violette ou grise, qui paraît leur être survenue après la perte des matières bitumineuses qui les coloraient en noir, sous les influences calorifiques auxquelles ce système a été soumis, comme nous le verrons, au voisinage des éruptions de porphyres.

LIMITES ET ASPECT DU TERRAIN CARBONIFÈRE DES ENVIRONS DE NOUMÉA.

SES RELATIONS AVEC LE TERRAIN CARBONIFÈRE DU NORD DE L'ILE.

Si d'un point un peu élevé de la presqu'île de Nouméa, où est bâtie la ville de ce nom, on regarde l'intérieur des terres, c'est-à-dire le nord, on aperçoit d'abord une série de collines mamelonnées, disposées sans ordre visible, réunies quelquefois par des contre-forts; puis, en dernier plan, le rideau de hautes montagnes qui forment la *grande chaîne éruptive*, s'étendant du mont d'Or à Saint-Vincent, et dont la ligne de faîte, dirigée assez régulièrement nord 45° ouest et sud 45° est, est en moyenne à 600 mètres au-dessus du niveau de la mer; quelques pics arrondis et effilés s'étendent cependant à des hauteurs considérables : tel est celui que l'on désigne sous le nom de *dent Saint-Vincent*, ayant 1,547 mètres.

Les brises de mer qui, dans ces régions, viennent le plus souvent de la partie sud, se heurtent contre cette haute barrière; les courants d'air, chargés et saturés de vapeur d'eau, montent en glissant le long des pentes, arrivent avec une certaine vitesse au sommet et s'écoulent ensuite librement; mais, dans ce trajet, l'air subit une diminution de température qui, d'après quelques expériences, paraît être de 1 degré pour 150 mètres d'élévation; alors les vapeurs se condensent et forment sur ces montagnes des nuages à peu près constants, au-dessus desquels apparaissent cependant presque toujours les sommets des pics les plus élevés. De cette réunion de circonstances résultent sur ces sommets des pluies journalières, qui forment de nombreux torrents, lesquels, pour se créer des lits, ont profondément échancré les flancs de ces montagnes.

La *grande chaîne*, ce sont des éruptions magnésiennes; à ses pieds, les collines sont les schistes feldspathiques et

les formations carbonifères ou celles qui leur sont associées ; ces dernières roches, du mont d'Or à Saint-Vincent, forment une bande allongée de 30 milles environ de longueur, mais dont la largeur, très-variable du reste, ne donne pas une moyenne de plus de 3 à 4 milles.

Les terrains carbonifères qui, à la Tontouta, paraissent réduits aux schistes feldspathiques, doivent cependant bientôt reparaître, car on les retrouve à Ouaraï, formant encore des collines peu élevées sur le flanc des montagnes magnésiennes et sur les bords de la mer. La formation ici se compose principalement de grès rougeâtres.

Au delà d'Ouaraï, la côte occidentale défendue par de nombreux bancs madréporiques qui s'étendent du rivage à une certaine distance dans la mer, rendant l'atterrissage impossible dans la plupart des cas et toujours très-dangereux ; aussi toute cette côte, d'Ouaraï à Koumac, était-elle restée à peu près complétement inconnue aux Européens jusqu'en 1865, époque à laquelle on en commença l'hydrographie ; c'est alors que les circonstances m'amenèrent à poursuivre mes recherches de concert avec l'officier de marine, M. Banaré, chargé de l'hydrographie de ces parages si peu connus, et que les naturels de cette côte inhospitalière purent surprendre, tuer et dévorer cinq des hommes qui faisaient partie de l'expédition.

Depuis Koné jusqu'à l'extrémité nord-ouest de l'île, je n'ai retrouvé que les schistes feldspathiques, mais pas de terrain carbonifère proprement dit ; le seul point où j'ai de nouveau rencontré ces formations est situé dans la vallée de Diahot ; mais elles y sont peu développées.

ROCHES COMPOSANT LE TERRAIN CARBONIFÈRE DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE. — AGE DE CE TERRAIN.

Les roches associées au charbon minéral en Nouvelle-Calédonie se composent essentiellement de schistes, de

grès et de porphyres, et, ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que ces roches elles-mêmes offrent une très-grande ressemblance avec celles qui, en Europe, caractérisent le *terrain carbonifère* proprement dit; ainsi là, comme dans nos terrains houillers, nous avons des grès feldspathiques, l'*euritine* et le porphyre euritique, enfin les schistes et le charbon.

Mais ces ressemblances pétrologiques fréquentes ne sont jamais regardées comme décisives; les échantillons de plantes fossiles et de mollusques furent examinés, les premiers par M. Brongniart, les seconds par M. le vicomte d'Archiac.

Opinion de M. Brongniart et de M. d'Archiac. — Les plantes se composent de fragments de tiges et de pétioles aplatis par la compression et sont à peu près indéterminables, néanmoins on peut dire qu'elles offrent beaucoup d'analogie avec ceux, très-mal conservés aussi, que l'on rencontre au milieu des anthracites de la Mayenne et qui ont été classés dans l'étage du dévonien supérieur.

Cette opinion de M. Brongniart cadrerait avec celle du docteur Clarke, qui m'écrivait que ces plantes de la houille calédonienne ne sont probablement pas de l'âge de celles de la houille de la Nouvelle-Galles du sud; mais que, se trouvant associées aux mêmes roches qui, à Bingera, ont été démontrées dévoniennes, roches, dans ce point, aussi accompagnées de couches de charbon, il était présumable que la houille calédonienne était de l'étage dévonien.

Des études stratigraphiques *sûres* auraient bientôt éclairci cette question, mais elles sont difficiles dans ces pays bouleversés dans tous les sens par des soulèvements divers; cependant, en un point je pus rencontrer, à stratification discordante, au-dessus des brèches et poudingues dévoniens (?) de Nouméa, des schistes fusibles, feldspathiques, ferrugineux, noduleux et très-semblables à ceux que nous avons décrits, quoique se montrant ici *plus jeunes* par leur

position ; ces schistes à leur partie supérieure étaient très-coquillers et surmontés des schistes carbonifères avec un peu de charbon minéral ; or, l'inspection de ces fossiles, faite par M. le vicomte d'Archiac, les fit placer dans le Lias et ce qui vient corrober ce fait fut la présence au milieu d'un des bancs charbonneux de deux espèces de nucules, dont l'une est identique à la nucula hameri du *Lias supérieur.*

Les schistes (*) coquilliers se rencontrent à Koé, en remontant la petite rivière d'Houa-Ourou, qui traverse la propriété de M. Pascal ; quant aux *nucules*, elles sont aussi à Koé, mais dans la couche d'anthracite que le Gouvernement fit explorer en 1862 et 1863.

Énumération des fossiles du schiste feldspathique. — M. Munier avait bien voulu se charger d'examiner quelques-uns des fossiles de la Nouvelle-Calédonie ; en brisant les schistes de Houa-Ourou, pour dégager les individus et avoir de meilleurs types, il découvrit plusieurs espèces nouvelles et voici la description qu'il en fait :

« Ces schistes renferment une grande quantité de mol- « lusques qui sont en général très-comprimés et dont il « est bien difficile de voir nettement les caractères ; cepen- « dant, en brisant une certaine quantité de la roche on arrive « à se procurer des échantillons qui permettent une étude « exacte et j'ai pu y reconnaître 3 espèces infraliasiques :

« 1° Une huître que je rapporte à l'Ostrea Sublamellosa « de Dunker.

« 2° Une petite coquille bivalve peu allongée, ressemblant « superficiellement à une Astarte et au Téniadon Précursor, « de l'Infralias, mais n'appartenant à aucun de ces deux « genres.

« En étudiant la charnière au moyen de contre-em- « preintes j'ai pu reconnaître deux dents latérales et m'as-

(*) Ces schistes sont fusibles en vert presque transparent.

« surer qu'elle devait se rapporter au genre Pellatia que « j'avais proposé pour une coquille découverte par M. Pellat, « dans l'Infralias, et très-commune en Bourgogne. Je nom- « merai cette nouvelle espèce du nom de M. Garnier, *Pel-* « *latia Garnieri*.

« 3° Un Cardium nouveau que j'appelle *Cardium Caledo-* « *nicum*.

« 4° Un Turbo très-commun, mais malheureusement in- « déterminable au point de vue spécifique. »

D'après ces déterminations on peut donc ranger ces schistes dans l'Infralias et la présence de la Nucula Hameeri dans les dépôts charbonneux, les ferait ranger dans le *Lias supérieur*. La seconde variété de nucule, qui accompagne celle-ci, est un peu différente, plus petite, aplatie; elle n'est pas encore déterminée.

Cet âge du charbon Néo-Calédonien correspondrait avec celui attribué par le professeur Mac Coy (*) à la houille de la Nouvelle-Galles du sud, située, d'après lui dans les terrains triasiques et jurassiques avec le belemnites giganteus; ce qui indiquerait sa présence dans l'oolithe inférieure.

En Nouvelle-Calédonie, le charbon minéral se présente de deux manières différentes, qui feraient presque supposer deux âges différents de formation; je vais décrire ces deux genres:

1° Mine de charbon de Karigou :

Le premier genre est caractérisé par le gisement de Karigou, à Koé.

A Karigou, le charbon est une anthracite intercalée dans des schistes et un grès feldspathique (A) identique, comme je l'ai dit, au grès du terrain carbonifère; l'inclinaison dans les couches B (Pl. II, *fig.* 9) devient presque verticale; en C,

---

(*) *Esquisse sur l'histoire naturelle ancienne et moderne de la colonie Victoria* par Frédéric M' Coy, professeur de sciences naturelles à l'université de Melbourne.

de l'autre côté de la *faille*, l'inclinaison est faible. La direction de ces couches est le N. 45° O.

La pointe angulaire D de schistes est probablement un *rejet* dont on ne voit ni l'autre partie ni la *faille*.

Les schistes sont parsemés de petites bivalves et de débris de plantes indéterminables; ils sont fusibles, noirs. très-pyriteux, ont l'aspect d'une boue feldspathique durcie.

Voici la nomenclature des différentes variétés d'anthracites et de charbon minéral de Karigou :

1° Anthracite brillante et fendillée;
2° Anthracite à retrait prismatique;
3° Anthracite à fissures tapissées de calcaire;
4° Anthracite spathique et souvent quartzifère;
5° Anthracite la même, en masse;
6° Anthracite en masses noduleuses;
7° Porphyre pétrosilieeux soulevant les bancs de charbon à Karigou;
8° Porphyre à retrait prismatique;
9° Porphyre avec cristaux de quartz pyramidés, prismés;
10° Silex caverneux dans les couches carbonifères au contact des porphyres de Karigou.

Dans le voisinage de la mine de Karigou et parallèlement à ses couches carbonifères, se montre à la surface du sol un filon de porphyre euritique. Cette roche qui soulève ces dépôts de charbon est aussi la cause de leur transformation en anthracites; c'est elle qui a donné à ce combustible la forme tantôt prismatique, tantôt cellulaire; c'est elle qui quelquefois encore fait passer le combustible à un état graphitoïde et a développé au milieu de sa masse des veinules de spath calcaire et de nombreux cristaux de quartz.

Au milieu des schistes et de l'anthracite, on trouve en abondance le phosphate de fer, couvrant d'un enduit bleuâtre la surface des roches et du charbon.

Importance industrielle de la mine de Karigou. — Les

bancs d'anthracite de Karigou étaient, après de nombreuses recherches, les affleurements qui avaient la plus belle apparence. Je fis pratiquer dans ce lit une galerie en direction, dont la largeur de 1^m,40 occupait la largeur des schistes et bancs charbonneux, ceux-ci étaient au nombre de trois, d'une épaisseur de 0^m,20 environ, séparés par des couches de schistes de 0^m,30. Les schistes formant le *mur* des bancs, c'est-à-dire leur partie inférieure, sont durs, pierreux, contiennent peu de matières charbonneuses; c'est le contraire pour ceux intercalés entre les bancs d'anthracite; ils sont remplis de petits filets de charbon, mais trop faibles pour être recueillis; quant aux schistes du toit, ils sont imprégnés de pyrites, de matières charbonneuses et de débris de plantes carbonisées. Tous ces schistes paraissent avoir été à l'état de banc vaseux que l'action métamorphique a durci; aussi on observe moins dans leur structure des couches distinctes que des fendillements sans règle produits par le retrait considérable qui a dû avoir lieu sous l'influence de la chaleur; certains de ces bancs de schistes contiennent des masses ovoïdes éminemment dures, fusibles comme les schistes eux-mêmes, pyriteuses et séparées par des plans parallèles plus ou moins distincts et perpendiculaires au plus grand axe. Ces différentes parties se séparent facilement suivant ces plans, dont le vide est quelquefois rempli par des cristaux de quartz et de chaux carbonatée colorée par des matières bitumineuses. Des bancs de grès euritique s'intercalent aussi au milieu des schistes, et sont eux-même imprégnés de matières charbonneuses.

Une galerie à travers bancs, prenant son origine à 20 mètres de l'entrée de la galerie de direction et recoupant les couches du toit rencontra les schistes feldspathiques sur une longueur de 3^m,50; là se trouvait un banc d'anthracite de 0^m,15 d'épaisseur, immédiatement suivi par un petit lit de chaux carbonatée fibreuse, à fibres perpendiculaires au

plan des couches; au-dessus un lit de schistes très-argileux avec empreintes nombreuses de bivalves indéterminables, enfin les grès.

A 40 mètres d'avancement, dans la galerie en direction, les couches subirent des étranglements qui firent presque disparaître l'anthracite; cette circonstance, jointe à la mauvaise qualité du combustible, détermina à abandonner les recherches. En effet, cette anthracite est toujours mélangée à une très-grande quantité de schistes et de matières terreuses, qui la rendent trop impure pour être utilisée.

Autres gisements analogues à Koé. — Si l'on remonte les ruisseaux nombreux qui descendent de la grande chaîne et viennent se jeter dans la rivière de Dumbéa, après avoir arrosé les plaines de Koé et Koutio-Kouéta, ou bien encore ceux qui arrosent la plaine de Saint-Louis, on les voit prendre leur source dans les roches d'éruption magnésiennes, puis rencontrer bientôt des schistes noirs, parfois ardoisés, tenant quelquefois d'énormes troncs d'arbres : ces débris sont silicifiés. Enfin en dessous arrivent les schistes anthraciteux dans les grès feldspathiques. Ces couches ont presque toujours subi, comme nous l'avons vu à Karigou, de violentes convulsions. La *fig.* 10, Pl. II, est la coupe, à Koé, des lits anthraciteux à *Nucula Hameri*.

Les grès feldspathiques sont souvent associés à des poudingues; à Saint-Louis il sont exploités comme pierre de construction, et l'on trouve souvent, disséminées dans leur masse, des particules charbonneuses. Ce grès contient parfois des fragments de tiges d'arbre tout imprégnés de pyrites.

Roches associées aux schistes carbonifères. — Les schistes immédiatement placés au-dessus des couches anthraciteuses tiennent parfois des filons assez importants de quartz noir, et, plus rarement, des feldspaths blancs. En second lieu, vers le haut du ruisseau de Scho, parallèle à celui de Karigou, on rencontre au milieu des schistes des

filons de sulfate de baryte fétide; enfin des bancs considérables d'un quartz caverneux, recoupant quelquefois les schistes, qui pourrait très-bien être utilisé, comme on le fait en Europe pour les soubassements d'édifices.

J'ai dit que le charbon minéral se présentait de deux manières. Je viens de décrire la première, quant à la seconde, je vais en parler au mont d'Or, où elle forme type.

Gisement du mont d'Or. — Le gisement occupe le pied du flanc nord-ouest du mont d'Or, et de là remonte aussi vers le nord-ouest, où nous le retrouverons; le charbon est placé, en nids plutôt qu'en couches, au milieu de grès arénacés, très-friables qui, à cause de leur faible cohésion, disparaissent tous les jours; déjà ils ne subsistent plus que par places assez rares, formant des successions de collines basses, placées au contact des roches éruptives qui les ont durcies, empêchant ainsi la dénudation de ces derniers vestiges d'une formation autrefois peut-être puissante. Cependant, ce qu'il y a de remarquable, c'est que le charbon minéral n'a que très-rarement subi les métamorphismes que nous venons d'observer à Karigou; il se compose d'une houille bitumineuse flambante, assez impure, souvent pulvérulente, et l'on ne remarque, au milieu de ce genre de gisement aucun débris organique; très-rarement on voit ce charbon reposer sur des schistes argileux. La coupe (Pl. II, fig. 11), prise au mont d'Or, y montre la situation ordinaire de la houille au milieu des grès. On voit que cette houille s'y trouve enclavée dans le grès, dont elle enveloppe elle-même parfois de petits amas; il semblerait que la houille a été transportée avec les sables, et s'est déposée là en même temps qu'eux. L'impureté de ce combustible, son état ordinairement pulvérulent, l'absence de plantes fossiles, confirmeraient, jusqu'à un certain point, la formation par transport de ces amas; néanmoins, ici comme à Karigou, ce grès a été affecté par des soulèvements éruptifs, et l'on en voit bien un exemple à l'îlot au charbon (N'dé), situé en

face du mont d'Or, et où l'on peut se rendre à pied à mer basse. Là, les bancs de grès arénacés carbonifères sont au contact de la roche éruptive, et certaines parties du combustible sont durcies anthraciteuses; c'est là néanmoins que le *Prony*, bateau de guerre à vapeur, put autrefois exploiter une certaine quantité de combustible qu'il utilisa avec assez de succès. Il est probable que cet *aviso* opéra l'extraction du charbon contenu dans un amas assez développé au milieu des grès; aujourd'hui on ne rencontre plus que quelques filets d'anthracite au contact des roches d'origine ignée. Sur cet îlot on trouve aussi des dépôts horizontaux récents d'argile, de 10 mètres d'épaisseur environ, et des grès argileux à grains très-fins, alluvions qui proviennent certainement en grande partie de la décomposition des grès carbonifères et qui ont pu se déposer sur cet îlot, que sa composition a seule préservé de la destruction.

Le charbon du mont d'Or avait autrefois fait concevoir de grandes espérances à des hommes optimistes et peu au courant des gisements de houille; mais le peu d'étendue du terrain carbonifère, qui remonte, d'un côté, jusqu'à une très-faible hauteur le flanc d'une montagne éruptive, et de l'autre côté, s'enfonce avec elle aussitôt dans la mer; la qualité médiocre du combustible, son peu d'abondance, auraient dû être des raisons pour s'opposer aux dépenses qui ont été faites en ce point.

Comme témoignage de la destruction constante de ces formations arénacées, on rencontre à chaque pas sur le rivage, des fragments arrondis et roulés de cette houille légère que la mer rejette sur ses bords.

Ces gisements au mont d'Or sont aussi accompagnés de porphyres euritiques.

Plaine de Saint-Louis. — Du mont d'Or jusqu'à la plaine de Saint-Louis, on observe le long de la mer, les collines de grès carbonifère alternant avec des *euritines*. Enfin, dans la plaine de Saint-Louis, nous trouvons, à la gauche du

pont que l'on traverse en arrivant de Nouméa à la ***Mission***, sur la rive droite du ruisseau, un banc de charbon, au milieu de schistes décomposés et de grès; mais cet affleurement est à peine élevé de quelques mètres au-dessus du niveau de la mer, son épaisseur n'est que de $0^m,30$ environ et son analogie avec le charbon du mont d'Or, laissent peu d'espoir sur sa qualité et sa continuité.

Si l'on remonte la rivière de Saint-Louis on voit que ces bancs reposent sur le grès feldspathique.

En allant de Saint-Louis au Pont-des-Français la route circule sur les grès arénacés blancs devenant rougeâtres, quand, ce qui arrive parfois, ils sont découpés par des veines de matières ferrugineuses; toujours au milieu de ces grès, se rencontrent quelques lignes noires pulvérulentes, indiquant la houille. Jusqu'à Koé on rencontre ces grès qui, du reste, se remarquent de fort loin; car, dans un état constant de désagrégation, ils ne permettent pas à la végétation de prendre pied sur eux; ils forment donc des masses blanches que l'on aperçoit de loin, au milieu de la verdure qui recouvre la contrée.

A Koé, au bord de la rivière *Anoundo* on rencontre un amas considérable de ces grès, et, ce qu'il y a de plus remarquable en ce point, c'est que les roches magnésiennes ont percé les terrains sédimentaires, formant un îlot au milieu d'eux. Le long du ruisseau Anoundo on trouve des grès passant aux poudingues et aux brèches, analogues à ceux que nous avons décrits à Nouméa, au-dessus sont des schistes carbonifères intercalés dans des grès, dirigés N. 45° E. et inclinés vers le nord. Ils contiennent des empreintes et débris de plantes.

A Koé même, auprès de l'habitation de M. Joubert un chemin coupe des grès arénacés au milieu desquels se distinguent des veines charbonneuses jaunâtres; elles ont dû acquérir cette couleur sous l'influence calorifique des porphyres, qui ont distillé leurs parties bitumineuses; quant aux grès ils présentent une particularité remarquable; ils sont

très-blancs et presque essentiellement composés de petits cristaux de quartz hyalin prismés et pyramidés, très-délicats et n'offrant pas la plus petite usure ou cassure, indiquant qu'ils aient été transportés. Lorsque la pluie survient et lave ces abondants cristaux qui jonchent le sol, on voit le sentier étinceler et scintiller sous la lumière du soleil qui est réfléchie par leurs nombreuses facettes, si bien conservées. Le docteur Clarke cite un grès semblable au *grand hawksburg*, mais celui-ci paraîtrait avoir été formé sur place par transmutation.

Sur la route de Koé à Païta ces mêmes gisements charbonneux se répètent souvent, dans les mêmes conditions, au milieu des sables arénacés qui, là aussi, forment une série de collines arrondies qui dominent la plaine de Païta.

La hauteur de ces collines diminue à mesure que l'on s'approche de la mer; cela s'explique facilement, car les agents atmosphériques ont une puissante action sur ces roches de schiste argileux ou de grès arénacés et les ont désagrégées en parcelles que les nombreux cours d'eau qui traversent la contrée dans tous les sens entraînaient à mesure; toutefois les portions de ces terrains sédimentaires les plus rapprochées des soulèvements porphyriques ont été transformées et durcies par eux; là, le grès friable est devenu dur et compact; le schiste tendre, de l'ardoise; la houille, de l'anthracite; toutes roches sur lesquelles les agents destructifs de la nature ont eu peu d'influence; aussi forment-elles encore de hautes montagnes, tandis qu'à Saint-Vincent, point plus éloigné des roches éruptives et où jadis les mêmes roches carbonifères devaient s'élever à une égale hauteur, il n'existe actuellement qu'une grande plaine. Ce qui confirme ces faits, c'est que, si l'on examine la constitution des chaînes qui s'étendent aux pieds des *monts Koghi*, ainsi que les pointes qui s'avancent le plus dans la mer, on s'aperçoit bientôt que leur axe ou arête est formé par un filon de porphyre euritique qui a empâté et retenu autour de lui

les terrains les plus voisins, les ayant rendus moins susceptibles de désagrégation.

A l'extrémité de la plaine de Saint-Vincent, dans le haut de la rivière d'Ouenghi et au-dessus du village d'Ouenghi, on retrouve les terrains carbonifères avec affleurement de charbon. Je n'ai malheureusement pas eu le temps ni les moyens de faire une exploration régulière de ces parages, car c'est là où, grâce à l'éloignement des éruptions magnésiennes et à la moins grande abondance des porphyres, on aurait des chances pour trouver la houille non transformée et des couches régulières.

Porphyre soulevant le terrain carbonifère. — Ces porphyres firent leur apparition au milieu des terrains carbonifères avec une grande abondance, s'épanchant de toute part au milieu d'eux ; en certain point cette roche éruptive paraît s'être transformée pour ainsi dire instantanément en *euritines* ou grès euritiques, qui se trouvent aujourd'hui associés aux schistes et anthracites de la façon la plus intime ; quelquefois, comme nous l'avons vu déjà, ils passent aux schistes feldspathiques. Ce serait l'objet d'une longue, mais intéressante étude que de suivre par l'analyse chimique, comme M. Delesse l'a fait pour plusieurs gisements, la série des métamorphoses subies par ces roches plutoniques, à la suite de leur apparition.

Ces porphyres affectent deux aspects différents ; dans le premier, qui est plus fréquent, le porphyre est une eurite blanche, tenace, à retrait prismatique, on en rencontre un filon important qui court au milieu des schistes, aux environs de Karigou (Koé).

La deuxième variété de porphyre ne diffère de la première qu'en ce qu'elle contient dans la pâte d'eurite de nombreux cristaux de feldspath ; elle devient parfois aussi parsemée de cellules, qui sont elles-mêmes tapissées de scories ferrugineuses, qui semblent avoir été exprimées de la roche, dans ce vide interne, par une puissante pression.

Cette variété est souvent très-pyriteuse, et à cause de cela, bleuit rapidement à l'air.

J'ai rangé les *euritines* parmi les roches sédimentaires accompagnant la houille, cependant il en est quelques-unes que l'on distingue difficilement de l'*eurite* elle-même.

En allant de Koé à Païta par le chemin de la montagne, on rencontre fréquemment les porphyres colorés par une matière verte, non encore déterminée, mais semblant contenir du nickel.

Localités où l'on rencontre ces porphyres. — Tous les terrains sédimentaires carbonifères dont nous avons donné les limites sont à chaque instant recoupés par ces roches feldspathiques qui ne paraissent pas avoir adopté une direction générale dans leurs apparitions; des montagnes entières en sont parfois formées; telles sont celles sur lesquelles s'appuie le village du chef *Jacques Quindo* à Païta.

Lorsque ces éruptions de porphyre se produisirent en aussi grande abondance au milieu de ces couches de charbon, on conçoit aisément le trouble et les changements défavorables qu'elles y amenèrent; nous avons pu, du reste, constater quelques-uns des effets produits et voir leurs funestes résultats qui sont principalement : bouleversement des couches et altérations du combustible au point de le rendre inutilisable. La conséquence fatale de ces faits est que l'on doit actuellement abandonner en Nouvelle-Calédonie l'espoir de rencontrer une houille exploitable, et tourner plutôt ses regards vers les gisements métallifères, qui paraissent ici avoir accompagné, comme nous le verrons, certains porphyres et les serpentines, pour nous dédommager peut-être d'avoir ainsi rendu ces couches de houille inexploitables.

Terrain carbonifère d'Ouaraï. — J'ai dit qu'à Ouaraï on retrouvait cette formation principalement composée des grès arénacés rougeâtres. Les porphyres qui apparaissent dans cette contrée sont rougeâtres, à cristaux de feldspath

oligoclase, et paraissent avoir beaucoup d'analogie avec ceux que nous avons vus à l'île Ducos accompagnant le *cuivre*.

Terrain carbonifère de la vallée de Diahot. — On a vu que dans le nord-est, à Balade, les micaschistes formaient une longue chaîne le long du rivage de la mer ; si l'on gravit ces montagnes, au moment où l'on arrive à leur sommet on aperçoit une vallée intérieure au milieu de laquelle circule une large rivière faisant mille crochets ; plus loin et en dernier plan, les hautes montagnes de la côte occidentale aux profils accidentés.

Cette rivière, la plus grande de l'île et qui coule parallèlement à sa direction, prend sa source dans les montagnes qui s'élèvent derrière la tribu de Poëbo où s'est rencontré l'or ; ici, où les alluvions ont une certaine importance, il serait donc intéressant de faire quelques recherches du précieux métal ; ils forment du reste, dans le fond de la vallée, une couche puissante qui, arrosée constamment par la grande rivière et les nombreux petits ruisseaux qui descendent de la montagne, se trouve dans les conditions les plus favorables au développement de la végétation.

C'est dans cette plaine, sur la rive gauche du Diahot, que se retrouve encore le *terrain houiller*.

La formation cuprifère, dont nous avons parlé, y paraît aussi représentée par des calcaires durs, recoupés de chaux carbonatée spathique et l'*Évêque d'Amata* a autrefois rapporté en France, de ces parages, des échantillons de carbonate de cuivre.

Malheureusement je fus assailli dans cette plaine par le coup de vent, qui, le 25 février 1864, causa dans l'île tant de ravages, et, tous mouillés, nos vivres détériorés, nous fûmes obligés de regagner par des sentiers effondrés, sous une pluie constante, la tribu de Balade, notre cantonnement provisoire, sans avoir pu utiliser beaucoup notre séjour dans ces parages intéressants.

Étage néocomien. — Près de Nouméa, *au bois Leclerc* et

dans les environs, on observe des grès calcaires souvent sphéroïdes; dans le centre de ces sphères j'ai recontré une pinna, qui d'après M. Munier, paraît identique à une espèce nouvelle, non encore décrite, du néocomien supérieur de France. Ce grès s'appuie sur des grès feldspathiques.

Calcaires argileux de la route du Pont-des-Français.— Sur la route de Nouméa à Pont-des-Français, on rencontre des assises d'un calcaire argileux bleuâtre, contenant souvent des géodes de chaux carbonatée; ce calcaire, recoupé dans certains points par les porphyres, affecte un peu les formes sphéroïdales; il est facile à tailler, et sa disposition en assises régulièrement superposées en fait une pierre de construction très-commode; il donnerait une chaux hydraulique très-bonne. Je ne l'ai pas trouvé avec des fossiles; il renferme quelquefois dans sa masse de petits nids d'une argile noire, cireuse, fortement imprégnée de bitume, lequel viendrait probablement de la distillation des couches de houille, lors de l'arrivée des porphyres.

Les bancs de ce calcaire sont presque horizontaux dans certains points et paraissent contemporains des porphyres. On trouve à « l'île aux Lapins » un calcaire compact avec calcaire spathique qui, poli par les eaux, offre un très-bel aspect.

Terrains quaternaires. — Enfin, au-dessus de toutes ces couches, sur toutes les hauteurs de la presqu'île de Nouméa et dans tous les îlots voisins, sur les collines de Païta avoisinant la mer, se trouve un calcaire très-récent, avec quelques débris, mal conservés, de coquillages actuels.

Blanc, quelquefois un peu grisâtre, terreux au point que la pioche le pénètre sans difficulté, il contient de 9 à 12 p. 100 d'argile; ce qui est une bonne proportion pour l'hydraulicité.

Ce calcaire que j'ai indiqué à divers colons a été employé par eux avec beaucoup d'avantages; en effet, il est tendre et, par suite, d'exploitation facile, il a sur le corail

l'avantage de ne pas tenir la grande quantité d'eau de mélange et de sels, qui rend ce dernier plus lourd à transporter pour un même poids final de chaux et plus long à cuire.

Ce calcaire est très analogue à celui qui compose les *îles Loyalty* (Lifou, Maré et Ouvéa), on le rencontre encore à l'île des Pins, l'île Alcmène, etc.

Dans la vallée de Houagap on trouve un grès argileux très-récent, il est micacé, à grains fins.

ROCHES ÉRUPTIVES MAGNÉSIENNES.

Si l'on imagine une ligne brisée allant du mont d'Or au pic *Ouitchambo* et de là à *Ouailou*, ligne dont la direction moyenne est à peu près le nord-nord-ouest ; toute la partie de la Nouvelle-Calédonie placée au sud-est de cette ligne est presque exclusivement formée par les éruptions magnésiennes représentées essentiellement par des serpentines, avec ou sans diallage, des euphotides, des amphibolites, des diorites ; mais là ne s'arrête pas seulement l'apparition de ces roches, elles se rencontrent encore sur la côte occidentale, surtout à Ouaraï, Kone, Gatop, Paquiépe, le cap Deverd, Koumac, Néoué, Tanlep, Néba, Nandé, Belep. La grande surface occupée par ces éruptions, comparée à celle occupée par les roches sédimentaires ferait dire que cette île n'est qu'un soulèvement de roches magnésiennes au milieu desquelles subsiste encore çà et là un îlot peu étendu et bouleversé des anciennes formations sédimentaires. Du reste, ce sont ces roches magnésiennes qui ont donné à l'île les formes les plus importantes qu'elle possède actuellement, et ce caractère particulier de *dénudation*, dont on s'aperçoit de suite en voyant sur la carte ces profondes échancrures qui, partout, découpent les rivages. En effet, comme nous le verrons, ces roches éruptives sont arrivées au jour, le plus souvent, dans les meilleures conditions de

décomposition et de transformation en argiles, lesquelles, au fur et à mesure de leur formation, étaient entraînées par les eaux; l'acte de *dénudation* s'opérait. C'est ainsi que se sont formées la plupart de ces vastes baies qui abondent dans notre colonie, la baie du sud, Nakety, Kanala, etc. On constate même que des portions considérables ont été isolées de la Grande terre par ce départ des argiles; ainsi il est clair qu'il n'y a qu'un temps relativement assez court, que le canal Woodin, qui sépare la Nouvelle-Calédonie de l'île Ouen, s'est formé; et là où la mer circule maintenant avec un courant très-rapide produit par la marée, existait autrefois un immense amas d'argile magnésienne que les eaux ont fini par emporter. Les naturels de l'île Ouen ont encore quelques traditions qui se rapporteraient à ce fait. Ainsi ils disent que le kagou (*), qui ne peut voler ni nager, allait autrefois de la Grande terre sur leur île, où il n'existe actuellement plus et ne peut, paraît-il, subsister.

L'île des Pins, située exactement dans le prolongement sud de l'axe de la Nouvelle-Calédonie, est dans le même cas par sa constitution géologique, et il m'a paru évident que le départ de masses argileuses et de roches magnésiennes tendres était la seule cause de l'isolement de cette terre.

Ces faits tendraient à expliquer d'une autre manière la présence dans ces parages des bancs de coraux isolés, ainsi, à mesure que la dénudation lente s'opère sur une terre, les coraux resserrent de plus en plus le diamètre de leur anneau intérieur et, à la limite, ne forment plus qu'un seul banc, laissant encore, çà et là, paraître quelques pics de nature plus résistante : les nombreux bancs de coraux

(*) Rhynochétos Jubatus des naturalistes, oiseau spécial à la Nouvelle-Calédonie, dont l'espèce va en se perdant; il ne vole point et son estomac offre une certaine analogie de constitution avec celui de l'autruche.

qui s'étendent du sud de la Nouvelle-Calédonie à l'île des Pins, au-dessus desquels on voit quelquefois surgir l'extrémité d'une roche, résultant certainement d'une *dénudation*. Dans le nord, ces récifs qui s'étendent à plus de 100 lieues s'expliquent aussi très-bien de la même façon, d'autant mieux que la plupart des presqu'îles et les îlots (Pam, Néba, Nandé, etc.) qui, sur la côte occidentale, se dirigent suivant une ligne parallèle à la Nouvelle-Calédonie, diminuent tous les jours; formés de serpentines fendillées et faciles à dénuder, les bords de ces terres sont à pic, la mer sape constamment le pied de ces murs, et, à chaque instant, des éboulements énormes se produisent; dans quelques siècles les seules traces de ces îlots seront les bancs de coraux qui se resserrent autour d'eux et finiront par les recouvrir.

Il en est de même pour les îlots qui, dans le nord de la Nouvelle-Calédonie, se montrent encore çà et là au milieu des récifs. Comme nous le verrons, on retrouve dans ces îlots exactement les formations magnésiennes et argileuses du sud.

L'explication des bancs de coraux par la dénudation n'exclut point celle par l'abaissement progressif des terres, il est même très-probable que dans certains cas les deux faits, abaissement et dénudation, aient eu lieu en même temps.

Serpentines. — Parmi les roches magnésiennes, dans beaucoup de cas, les serpentines prennent une allure schisteuse ou plutôt comme on l'a vu, pénètrent des schistes; je ne parlerai donc ici que de la *serpentine éruptive* qui paraît être la plus ancienne des roches magnésiennes.

D'une manière générale, il a été constaté que la serpentine de la Nouvelle-Calédonie a une très-grande analogie avec la serpentine de la Nouvelle-Galles du Sud qui, à 150 milles dans l'ouest de Sydney, forme la roche principale d'un « gold field » récemment découvert.

Différents aspects de la serpentine en Nouvelle-Calédonie. — Le plus souvent la serpentine a un aspect grenu, elle contient des cristaux de *diallage bronzite* et de fer chromé; sa surface se recouvre aussi souvent d'enduits *serpentineux* caractéristiques; à cet état elle compose une grande partie de la région sud-est délimitée par la ligne brisée idéale que nous avons tirée. Cette serpentine grenue est en décomposition permanente, fournissant des amas d'argile; elle paraît peu hydratée.

Le deuxième aspect sous lequel se présente cette roche rappelle les *ophiolithes*; sa couleur générale est un vert très-foncé, semé de cristaux de *Bronzite;* à cet état elle offre une pierre de construction très-jolie et facile à travailler. Dans le Var on utilise une serpentine analogue pour la construction des portes d'entrée, des fenêtres des maisons, etc.; les colonnes de l'église de *la Chartreuse* en sont composées. (*Carte géologique de la France*, Dufrénoy et Élie de Beaumont.)

Cette serpentine est fréquente au milieu des éruptions et surtout derrière Koé, au mont d'Or, etc. Souvent, sous cet aspect, la serpentine est traversée par de nombreuses veines, généralement assez minces, de *chrysotil* dont les fibres sont perpendiculaires au plan de contact.

M. Delesse a déjà signalé dans la serpentine des Vosges le chrysotil dans les mêmes conditions; et il a fait de ce minéral et de la roche qui le reuferme une étude complète dans les *Annales des mines*, 4e série, tome XVIII, page 328. Voici la composition que ce géologue donne pour le chrysotil:

Silice.	44,16
Alumine.	0,42
Protoxyde de fer.	1,69
Magnésie (diff.).	42,93
Eau.	13,50
Total.	100,00

Cette composition chimique est d'autant plus remarquable qu'elle correspond avec celle d'un chrysotil d'Allemagne, et aussi avec celle d'un chrysotil de Reichenstein. De plus, cette composition est encore identique à celle de la pikrolite de Stromeyer et à celle de différentes serpentines nobles ou cristallisées.

On remarque souvent que les serpentines en décomposition sont plus riches en fer chromé que les autres; elles présentent parfois alors un aspect nacré particulier.

Enfin, la serpentine décomposable par excellence est celle où abonde la *diallage bronzite*, dont l'hydratation d'abord, puis la décomposition, paraissent très-rapide et surtout très-complète.

Dans d'autres cas, la serpentine emprunte la structure de la pichrosmine (?); elle se rencontre ainsi sur la côte sud-est, à Jaté, Kanala, etc.

Dans le nord-ouest, à *Koumac*, la serpentine devient parfois gris jaunâtre, contenant de nombreux cristaux de fer chromé; parfois d'une structure schisteuse et facile à se décomposer, rappelle à s'y méprendre les schistes argileux blancs dont nous nous sommes occupés, et qui pourraient très-bien n'être qu'un schiste serpentineux blanc dont la formation serait la même que celle des schistes serpentineux verts.

Parfois aussi la serpentine est recoupée par des filets d'un noir métallique très-durs, très-analogues à un silicate de fer; on observe surtout cette particularité sur le sommet de Gatope. Dans certains cas, la serpentine est découpée par des veines noirâtres moins dures et qui sont un silicate de magnésie; ces veinules se coupent quelquefois à angle droit, ou bien elles s'entre-croisent d'un façon tout à fait capricieuse.

Dans le mémoire de M. Delesse que je viens de citer, on trouve l'établissement d'un fait pareil pour les serpentines des Vosges. M. Delesse démontre par l'analyse que la ma-

tière qui compose ces veinules est à très-peu près la même que celle de la serpentine proprement dite; la différence de teinte doit surtout être attribuée à l'état de combinaison ou d'oxydation du fer, et elle proviendrait des infiltrations qui ont lieu le long des fissures et le long des salebandes.

Matières composant la serpentine et s'en séparant accidentellement. — Il paraîtrait que, lors de l'apparition des serpentines, certaines portions de ces roches étaient dans des conditions qui les rendaient plus facilement décomposables en argiles, car il semble en être résulté presque de suite d'immenses amas d'argiles, au milieu desquelles quelques rognons allongés de serpentine très-*diallagique*, subsistent seuls; on observe aussi dans ces argiles des amas de diallage, de fer et de chrome, très-puissants, comme le montre la coupe (*fig.* 12, Pl. II) prise dans le sud de la Nouvelle-Calédonie. Ces minéraux s'isolent ainsi en amas plus ou moins volumineux au milieu de l'argile. Comme on le voit dans la coupe, la serpentine A, transformée en argile B, conserve encore, au milieu même de l'argile, quelques points moins décomposables dont la surface est entièrement décomposée; cependant l'argile B qui est sèche, très-rouge, chargée de limonites, semble provenir plutôt des diallages C.

La *Diallage bronzite* C, dont la composition fournit ainsi la plus grande partie des argiles B, se conserve quelquefois en petits amas moins altérés. La diallage du centre de l'amas est fibro-lamellaire et très-dense, comme toutes les variétés que nous allons successivement examiner; densité extraordinaire pour ce minéral et qui ne peut être attribuée qu'aux nombreux cristaux, souvent microscopiques, de fer chromé dont elle est injectée.

Lorsque la Diallage est dans un état complet de décomposition, le fer qu'elle contient en abondance se trahit par sa vive couleur rouge qui envahit toute la roche, déjà

tendre et informe, et passant à de l'argile sous la moindre pression des doigts.

La Diallage se présente aussi dans d'autres roches éruptives magnésiennes plus jeunes, et, comme nous le verrons, elle conserve toujours les mêmes tendances à la décomposition.

Le fer oxydé D forme parfois au milieu de ces argiles des amas d'une très-grande puissance; il s'y rencontre en blocs arrondis qui atteignent quelquefois plusieurs mètres de diamètre; souvent aussi le fer oxydé est de la limonite de la grosseur du petit plomb de chasse. Je reviendrai plus en détail sur la valeur industrielle de ces amas énormes de minerais de fer.

La limonite est quelquefois mêlée à du peroxyde de fer anhydre et silicifié. C'est la constitution la plus ordinaire de ce minerai.

Le fer chromé E, se rencontre aussi en amas abondants au milieu de ces argiles suivant son degré de pureté; il y présente plusieurs aspects, tantôt laminaire, tenant un peu de serpentine au milieu de ses lamelles; tantôt à grains très-fins et serrés, compact, métallique, très-noir. C'est la variété la plus riche.

Je reviendrai sur ces minerais de chrome dont l'industrie saura bientôt, je l'espère, tirer un parti avantageux pour nos usines de France et pour le développement de notre colonie.

ROCHES FELDSPATHIQUES ET MAGNÉSIENNES.

Feldspaths. — Dans différents points on rencontre des feldspaths en filons, plus ou moins puissants, au milieu des serpentines et quelquefois au milieu des schistes appartenant à des formations plus récentes que les serpentines ont soulevés. Ces feldspaths offrent plusieurs aspects; quelquefois ils sont compacts, à grains fins, et tantôt ils sont du feldspath Labrador lamellaire.

Euphotides. — Puis, dans certaines localités, ces feldspaths se chargent peu à peu de *diallage* passant aux *euphotides.*

Diorites. — Enfin ces feldspaths, unis à l'amphibole hornblende, présentent une formation très-répandue au milieu des serpentines des différentes localités.

Nous allons maintenant décrire quelques-uns des points de la Nouvelle-Calédonie où les formations éruptives magnésiennes dont nous venons d'esquisser les principales espèces, se rencontrent en offrant les particularités les plus remarquables.

Ile Ouen. — L'île Ouen, séparée de la Grande terre par l'étroit canal de Woodis, est essentiellement composée de roches éruptives. Ses rivages sont dominés par de hautes montagnes généralement stériles, quelquefois couvertes de forêts, dont les arbres un peu rabougris n'offrent pas de dimensions suffisantes pour les besoins de la construction. Les habitants, au nombre de 150 au plus, sont loin de pouvoir tirer du sol les végétaux qu'ils consomment; aussi vont-ils dans les îlots voisins et sur la Grande terre, jusqu'à Marari, le long du rivage, utilisant, comme je l'ai dit plus haut, les bords des ruisseaux à leur embouchure pour y faire leurs plantations.

Ce manque de fertilité du sol est largement racheté d'un autre côté; je veux parler de la pêche qui là est d'une rare abondance. En effet, la mer environnante est parsemée de bancs de coraux sur lesquels abondent coquillages, poissons et tortues; un peu au large existent des îlots sablonneux visités par de nombreuses tortues à l'époque des pontes, et couverts d'oiseaux de mer. Ces pêches et ces voyages fréquents sur la mer, dans de frêles pirogues, exigent du travail, de l'audace et de l'adresse. Aussi les naturels de l'île Ouen m'ont-ils paru les plus intelligents, les plus habiles et les moins paresseux des tribus que j'ai visitées.

La baie de *Kouté*, qui s'enfonce très-profondément dans

les terres, court *est* et *ouest* et divise l'île Ouen en deux parties. Le nord présente l'aspect et la composition des éruptions magnésiennes de la Grande terre dont l'étroit canal de Woodin la sépare ; le sud, au contraire, offre plusieurs caractères nouveaux.

Partie sud de l'île Ouen. — La partie sud de l'île Ouen se compose d'une chaîne de montagne dirigée à peu près est et ouest, dont les deux sommets principaux (Voir la vue, *fig.* 13, Pl. II, extraite de la *Carte marine* de M. Bouquet de la Grye) sont les sommets *Béhé* et Nogougneto ; celui-ci, qui est le plus élevé, a 262 mètres. Dans le fond de la baie de Kouté le sommet Nokoué, de 200 mètres d'élévation, domine l'isthme.

Cette chaîne de montagne est essentiellement composée de roches feldspathiques et magnésiennes dont la décomposition est permanente. Cependant le rivage de la baie *Kouté*, qui s'appuie sur la partie méridionale de l'île Ouen, est formé par les schistes serpentineux et chromés ordinaires qui s'étendent jusqu'à la pointe de Tioulé, à l'entrée de la baie (voir la *fig.* 13, Pl. II), contournent le pied du sommet *Behé*, qui est lui-même formé de ces serpentines, lesquelles souvent sont très-fortement imprégnées de cristaux de fer chromé.

Mais à la montagne Behé succède un genre de roches bien différent qui fait ici son apparition au milieu des serpentines, et se prolonge tout le long de la côte occidentale de l'île Ouen, se dirigeant au nord-ouest. Cette roche, qui se présente ici en bancs puissants est un feldspath laminaire verdâtre, schisteux, dont la coloration est due à de la *diallage* en cristaux très-disséminés ; ce minéral serait donc une variété d'euphotide.

Cette roche feldspathique, qui est fort belle, est excessivement tenace ; on la retrouve encore perçant la serpentine, dans la partie nord de l'île Ouen, à la pointe est de la baie d'Iré ; nous la retrouverons encore dans la baie du

sud, dans l'îlot Oliver, etc. Du reste, cette euphotide a été et est encore un élément de *dénudation*, car elle se décompose volontiers formant des amas de kaolin, au milieu desquels se rencontrent des nodules de la roche elle-même entièrement décomposés, friables et tendres à la surface, mais encore très-durs et tenaces au centre.

Ce sont ces produits de décomposition qui forment les rivages de la baie de Kouté, et comme on le constate facilement sur les lieux, cette baie n'a été formée qu'à la suite de la décomposition des feldspaths et ensuite de l'entraînement par les eaux des produits de cette décomposition. Aussi en faisant le tour de cette baie, on voit que ses bords sont des collines peu élevées, s'appuyant du côté du nord sur les hautes montagnes serpentineuses de la partie septentrionale de l'île Ouen, collines formées de kaolins et d'euphotides altérées dont les bancs affectent la direction de la baie.

Les roches feldspathiques les plus avancées en décomposition sont souvent chargées de fer oxydé rouge pulvérulent, qui paraît provenir lui-même de la décomposition d'un minéral (diallage bronzite ou pyrite), le kaolin produit est alors fortement coloré en rouge. Du reste, il est assez rare de rencontrer parmi tous ces koalins, un amas qui soit blanc et pur. Il arrive que dans ces roches feldspathiques ferrugineuses le fer augmente dans une très-forte proportion, la décomposition fournit alors du fer oxyde argileux d'un très-beau rouge, que l'industrie pourrait utiliser et que les naturels exploitent pour prendre le devant de leurs cases, leurs statues, leurs pirogues, etc.

L'anse de *Koumbé*, découpure de la partie nord de la baie *Kouté*, présente un bel exemple de toutes ces roches feldspathiques en décomposition; là elles sont aussi accompagnées par des serpentines que découpent parfois en rhomboèdres assez réguliers de petits filons d'un silicate de magnésie coloré en bleu verdâtre et imprégné d'oxyde de manganèse; parfois ces filons d'halloysite augmentent

de puissance, ils tiennent alors de nombreux rognons sphéroïdaux très-réguliers de pyrolusite. Dans ce point se trouve aussi un amas de fer oxydulé magnétique mélangé de limonite; il est placé au milieu de terres argilo-sablonneuses dont les couleurs varient du violet, au blanc et au rouge.

Revenons aux feldspaths laminaires verdâtres ou *euphotides* de la côte occidentale de l'île Ouen. Aux environs de la baie de *Koutouré*, située sur cette côte aux pieds du sommet Nogougneto, ils subissent quelques changements d'aspect, parfois ils deviennent blancs avec des veines et teintes vertes. Enfin, à *Koutouré*, si l'on remonte le long du ruisseau qui arrose la petite plaine de ce nom, on aperçoit d'abord quelques *diorites* à grands cristaux de feldspath et de hornblende. Se dirigeant alors à gauche vers le sommet *Nogougneto*, on rencontre à son pied des roches d'un beau vert, translucides sur les bords, à éclat un peu gras, à cassure esquilleuse, mais présentant encore, malgré ce changement d'aspect, dans certaines parties des bancs, l'aspect verdâtre, laminaire de l'euphotide. Du reste, il est facile de voir sur le terrain que les bancs de ces différentes roches sont en concordance.

Ces nouveaux bancs de roches sont de composition peu homogène; certaines parties, compactes, vertes, rayent bien le verre; d'autres, au contraire, sont très-tendres; leur structure est alors schisteuse, à feuillets très-minces, ondulés, blancs ou verts, analogues alors à de la serpentine. Cette roche est ici en association avec des schistes serpentineux, des filons de quartz impur et des feldspaths compacts à grains fins.

Cette belle pierre blanche, veinée de vert, facilement fusible au chalumeau, offre, comme on le voit, plusieurs des caractères distinctifs des *jades asciens;* elle servait autrefois, aux indigènes à fabriquer leurs plus belles haches et les perles vertes, dont ils font des colliers si estimés

parmi eux en raison probablement de l'énorme travail et de la patience qu'il faut déployer pour arrondir et percer sans instrument autre qu'un fragment de quartz, une roche aussi dure. Aujourd'hui les Néo-Calédoniens ne savent plus faire ces belles plaques de *jade* poli auxquelles ils attachent tant de prix, ils ignorent même la provenance de celles qu'ils possèdent encore. Quand on leur demande où ils se sont procuré ces plaques, ils indiquent invariablement et je crois au hasard une localité très-éloignée de leur propre territoire.

Si de *Nogougneto* on suit vers l'est la direction de ces bancs de *jade* ou d'euphotide, on arrive sur l'arête de la chaîne (sud, 30 degrés est), qui forme la région centrale de la partie sud de l'île Ouen. Le long de cette arête on retrouve encore la roche *ascienne*, mais dans des conditions différentes, elle passe à un *feldspath Labrador* blanc, lamellaire, quelquefois aussi coloré en vert; cette roche est en fragments plus ou moins volumineux, dont la surface est polie et reposant dans des silicates de magnésie blancs, tendres et argileux. La forme arrondie de ces fragments et le poli de leur surface indiquent qu'ils ont été triturés plus ou moins longtemps à une certaine époque, et la terre argileuse, tendre et blanche dans laquelle ils se trouvent serait peut-être la première provenant de cette trituration. Ces argiles sont quelquefois striées comme par un glissement de la roche qu'elles enveloppent; elles atteignent alors une ténacité plus ou moins grande et deviennent en tout semblables à l'asbeste.

Ces rognons de feldspath contiennent aussi souvent des cristaux de *grenat* ou *warovite* d'un vert admirable; malheureusement ces cristaux sont petits, on les rencontre, soit à la surface, soit à l'intérieur des rognons, dans la masse desquels ils sont parfois noyés et paraissent se fondre en la verdissant.

Utilisation de cette roche feldspathique. — Quoique ce

jade ancien diffère beaucoup de celui de la Chine, si recherché et d'un prix si élevé, il pourrait cependant être employé comme pierre monumentale ou d'ornement, et bien que son gisement soit éloigné de l'Europe, son exploitation et son transport en France ne s'élèveraient certainement pas à 200 francs les 1.000 kilogrammes ; car les bancs de cette pierre viennent affleurer sur le flanc d'une petite montagne qui descend en pente uniforme et assez forte jusqu'à la mer, où se trouve un port très-sûr, celui de *Koutouré*. Pour donner une idée de la facilité qu'offre l'exploitation et le transport à la mer de cette matière, il me suffira de dire qu'avec trois Européens et quelque naturels j'ai pu, en deux ou trois jours, extraire et transporter jusqu'à la mer plus de 1.000 kilogrammes de cette pierre, formant des blocs dont l'un pesait 500 kilogrammes environ ; cependant il fallait faire rouler ces blocs sur ce terrain tout rocailleux et rempli d'arbustes ; ce n'est donc que grâce à l'uniformité de la pente et à sa grande inclinaison que nous avons pu réussir.

En résumé, l'exploitation de ce gisement étant bien organisée, les 1.000 kilogrammes de la pierre coûteraient au plus 30 francs rendus à bord d'un navire ; le fret de la Nouvelle-Calédonie en France étant de 100 francs environ. Les 1.000 kilogrammes de ce jade ne coûteraient donc à l'exploitant que 130 francs dans un port européen.

Partie nord de l'île Ouen. — La partie nord de l'île Ouen est en général composée de serpentines souvent schisteuses avec fer chromé. Au milieu de ces serpentines sont d'immenses amas de fer hydroxydé dont nous avons parlé en mélange avec des argiles. Sur les sommets, ces argiles ont été et sont encore entraînés par les pluies, laissant le sol couvert d'une quantité prodigieuse de galets de minerais de fer plus ou moins gros. Un des points les plus remarquables, sous ce rapport, est celui que l'on observe en remontant près de la baie *Kouo*, le ruisseau de *Nohoué*. A

300 mètres d'altitude environ, on se trouve en face d'un immense cône de minerai de fer, que les indigènes nomment *Mamié*. Là le ruisseau *Nohoui* se bifurquant contourne le cône qui se rattache, vers sa partie supérieure, à une série de chaînons dont les sommets sont aussi couverts de fer. Auprès de *Mamié* est un vaste plateau composé également de petits blocs du même minerai que l'on dirait empilés par la main des hommes. Parmi ces masses ferrugineuses se montrent parfois, associées à des argiles, des serpentines en nids arrondis contenant des rognons plus ou moins volumineux de petits cristaux accolés de fer chromé; enfin des amas de diallage bronzite très-dense. C'est au-dessus de ces argiles que le micaschiste dont j'ai parlé au début fait son apparition.

Dans toute cette partie de l'île Ouen, à chaque instant on rencontre la même abondance de minerai de fer; la végétation est souvent nulle.

Les bords du canal Woodin sont, en certains points, surtout dans le fond des anses, couverts de quantités considérables de ces minerais de fer qui, descendus du haut des sommets, s'agglomèrent et forment d'immenses dalles qui pavent très-régulièrement les rivages.

Ile Oliver.— Baies du Sud. — Canal Woodin. — L'*îlot Oliver* ou *Montravel* est un petit îlot situé à l'entrée de la baie du sud, qui offre une constitution géologique identique à celle du sud de l'île Ouen; ce sont des euphotides verdâtres schisteuses comme à Ouen. Dans le centre de cet îlot, sur les sommets, on rencontre des rognons de l'euphotide empâtés dans un argile tendre, rougeâtre, que recoupent l'argile avec pyrolusite signalée encore à l'île Ouen.

Baie du Sud. — Canal Woodin. — Tous les rivages de la baie du Sud et le canal Woodin du côté de la Grande-terre sont composés des mêmes serpentines schisteuses

parmi lesquelles abonde le fer hydroxydé; les serpentines sont généralement dirigées nord-nord-ouest.

Au fond de la baie du Sud, à l'embouchure et sur la rive gauche d'un petit cours d'eau, existent des sources d'eau thermale (température, 33 degrés centigrades), chargées de sels en dissolutions qu'elles déposent en chaque point de leur passage, de sorte que leurs lits s'exhaussent et se déplacent souvent; elles ont ainsi recouvert de leurs incrustations et dépôts la petite colline, sur les flancs de laquelle elles jaillissent et circulent avant de se jeter dans la rivière de la baie du Sud. Ces divers points où ces sources font leur apparition sont très-voisins et à quelques mètres seulement au-dessus du niveau de la mer. Je n'ai pas eu le loisir d'analyser cette eau, mais l'essai des dépôts indique la présence presque exclusive du bicarbonate de magnésie, qui, arrivé au contact de l'air, laisse déposer du carbonate de magnésie en perdant une partie de sous-acide carbonique. L'attaque à l'eau pure de ces dépôts paraît aussi dissoudre une petite quantité de sels alcalins, du bicarbonate de soude très-probablement (dans ce cas l'eau de la source elle-même devrait en contenir en proportion *sensible*).

La rivière dont il vient d'être question (Nécoutcho) présente une petite cascade surmontée d'un rapide de 50 mètres de longueur. Pendant près de 1 kilomètre, la rivière coule au milieu d'argiles et de roches serpentines; ses berges sont très-abruptes et le fer hydroxydé y est très-abondant. Là deux embranchements se présentent; le principal, nommé Hono-Kouao, vient sur la rive droite. Je le remontai sur toute sa longueur, je rencontrai des roches serpentineuses et d'immenses blocs de fer hydroxydé, sur les bords, la végétation est d'une puissance extraordinaire et s'oppose à la marche; c'est là que les kaoris (Dammara ovata, Moore) atteignent des dimensions vraiment remarquables; aussi les naturels de l'île Ouen, qui font avec ces

bois leurs grandes pirogues, ont-ils pratiqué sur les bords du torrent un chemin qui remonte assez avant dans la montagne, afin de faire descendre jusqu'à la mer le tronc de ces arbres gigantesques.

Minerai de fer. — Si l'on remonte la Nouvelle-Calédonie sur la côte orientale, on retrouve jusqu'au nord de Goro cette formation de serpentine et de minerais de fer, au delà ces minerais sont plus rares; mais lorsqu'on voit ces montagnes entières de fer hydroxydé s'élever au bord de la mer, dans le fond de ports sûrs, on se demande pourquoi les navires du commerce qui quittent toujours la Nouvelle-Calédonie sur lest ne viennent pas chargés de ce minerai, qui peut avoir une valeur assez élevée. A Sydney, par exemple, les hauts fourneaux de Fitzroy tireraient peut-être un bon parti de ce minerai qu'ils pourraient avoir à bas prix.

Ce minerai de fer est du peroxyde anhydre silicifié, plus ou moins mélangé de limonite; l'essai par la voie sèche a donné un *culot* bien réussi d'une fonte blanche assez tenace indiquant une teneur de 51,30 p. 100 de fer. De plus, ce minerai tient toujours, disséminée dans sa masse, une certaine quantité de chromate de fer. Or l'acier contenant à l'état d'alliage jusqu'à 2 p. 100 de chrome, d'après Berthier, ne perd rien de sa malléabilité, et atteint même une dureté extrême.

Partie de la côte occidentale de la Nouvelle-Calédonie, comprise entre le canal Woodin et le mont d'Or. — Immédiatement au nord du canal Woodin, sur la côte occidentale de la Grande terre, se trouve la baie *Ouié*, dominée dans le sud-est par le pic Ja (495 mètres). Vu de l'ouest, ce pic effilé paraît être isolé, mais il n'est que le dernier sommet d'une chaîne de montagues qui court très-régulièrement est et ouest. On trouve dans les schistes serpentineux de cette chaîne des feldspaths blancs, grenus, et des filons d'une roche onctueuse au toucher, translucide, tantôt blanche, jaunâtre

ou verdâtre, rayée facilement par l'acier et offrant tous les aspects d'une serpentine très-pure; voici la composition chimique de cette roche dont l'analyse est due à M. Terreil, aide de chimie au Muséum :

Silice.	41,81	Oxygène.	22,12	
Magnésie.	37,38	—	14,95	15,35
Peroxyde de fer.	1,36	—	0,40	
Eau.	20,39	—	18,12	
Total.	100,94			

Cette composition correspond sensiblement à la formule SiO^3, 2 (MgO), 2 (HO).

Cette roche trouverait dans l'industrie une grande application; sa composition est analogue à celle de l'écume de mer, de la magnésite et de plus elle est translucide. Mais quoique les filons de ce minéral soient abondants, il est à craindre qu'ils ne fournissent que très-peu de blocs compacts susceptibles d'être taillés; ce silicate de magnésie a une structure mamelonnée, gélatineuse et paraît avoir été précipité là d'une dissolution.

Ne pourrait-on pas encore fabriquer sur place avec ce silicate de magnésie, parfaitement et facilement attaquable à froid par l'acide sulfurique, du sulfate de magnésie? On obtiendrait l'acide sulfurique au moyen du soufre qui est abondant dans le pays. On se trouverait, je crois, dans de très-belles conditions pour un prix de revient très-bas.

Cette roche correspond bien à un silicate de magnésie hydraté, que l'on rencontre dans le Massachusetts et qui est appelé *Gymnite*. Son gisement est au bord de la mer dans l'axe de la chaîne du pic Ja.

Baie N'go. — A cette baie succède la baie N'go, où les navires peuvent mouiller en toute sécurité; une belle rivière vient s'y jeter, les montagnes environnantes sont élevées et recouvertes d'argiles rouges ferrugineuses, conte-

ment des amas de fer hydroxydé. Tel est le pic Kouré, symétrique du pic Ja, dont nous venons de parler (hauteur, 489 mètres); placé comme celui-ci sur le bord de la mer et dans le sud-est de la baie N'go.

Baie des Pirogues (*Potchercin*). — Cette baie, située au nord-ouest de la baie précédente, est encore une profonde échancrure au milieu des serpentines; à la pointe nord de cette baie les serpentines schisteuses, rongées à leur base par les flots de la mer forment un mur vertical élevé qui s'oppose au passage, dans lequel la violence des *lames* se sont creusé une grotte profonde.

Dans ces parages se montrent au milieu des serpentines schisteuses de puissants filons de diorites à grands cristaux de feldspath et de hornblende; quelquefois ce minéral domine et la cassure montre une très-belle roche dont les clivages noirs et polis de l'amphibole miroitent à la lumière. Enfin on voit aussi le passage insensible de cette dernière substance à des amphibolites à grains très-fins. A ce moment la roche passe parfois aussi, au contact des serpentines, à une roche amphibolique, pyriteuse, en décomposition plus ou moins avancée.

La rivière de Potchercin est flottable, mais il est presque impossible de la remonter en suivant les bords, à cause des flaques d'eau vaseuse qui les environnent dans lesquelles on enfonce profondément; cependant ce cours d'eau est considérable et doit probablement arroser dans son parcours des plaines vastes et fertiles.

De la *baie des Pirogues* à la baie *Mowia* ce sont toujours les filons de roches amphibologiques au milieu des serpentines schisteuses, seulement ces dernières présentent ici une particularité que nous retrouverons exactement la même dans les schistes serpentines de la côte nord-ouest (à Tanlé et Koumac); ces serpentineux contiennent en effet de nombreux petits filons ou rognons d'une roche qui parfois est de l'opale blanche bien caractérisée; dans ce spé-

cimen on voit déjà sa surface tendre, donnant une poussière blanche de silice pulvérulente. Parfois l'opale passe à un silice mélangé de magnésie carbonatée; enfin, dans quelques cas, le carbonate de magnésie envahit totalement la roche, et l'on est en présence d'un carbonate de magnésie à peu près pur.

Ces différentes substances, tantôt siliceuses et tantôt magnésiennes, semblent avoir pour origine la serpentine décomposée, et l'on voit très-bien parfois le passage de la serpentine à une opale verdâtre accompagnée de deudrites, ce que l'on retrouve dans certaines opales plus ou moins carbonatées.

L'opale au milieu des serpentines est tantôt blanche, jaune et brune; elle est quelquefois aussi mamelonnée, ce qui dénonce son origine.

Baie de Mouéa. — Dans la baie même de Mouéa se rencontre la petite rivière de Houantion, le long de laquelle abondent les *diorites*, dans lesquels la *hornblende* paraît passer à de la *diallage bronzite*, on a alors une *euphotite* qui offre parfois un très-bel aspect; le feldspath y est à grandes lamelles, nacrées, pyriteuses, et contient de la magnésie comme partie constituante. Les cristaux de diallage bronzite qui accompagnent ce feldspath sont grands, très-ferrugineux en décomposition, offrant alors une couleur blonde particulière.

A cette euphotide s'associe encore dans ces points le feldspath contenant du fer oxydé rouge, que nous avons vu à l'île Ouen; il est donc probable que ce fer ne provient dans ces feldspaths que de la décomposition de la diallage. Ce passage de la diallage à l'amphibole a déjà été constaté par M. Delesse dans les euphotides d'Odern (Vosges); non-seulement le clivage de la diallage devenait le même que celui de l'amphibole, mais encore sa composition chimique s'en rapprochait énormément, (*Annales des mines*, 4e série, tome XVI, M. Delesse, euphotide d'Odern.)

Le mont d'Or. — Le mont d'Or est orienté nord, 40 degrés ouest et offre quatre faces principales qui regardent le sud-ouest, le nord-ouest, le nord-est et le sud-est.

Vu de l'ouest il présente un aspect saisissant; sa masse énorme est complétement détachée de toute chaîne, et son flanc, sans courbure ni contour, descend verticalement comme une vaste muraille, pour se raccorder presque à angle droit avec une plaine spacieuse et régulière dont la riche végétation contraste vivement avec la roche nue et les broussailles maigres et dures de cette face ouest. D'une certaine distance, *la ligne de faîte* forme une courbe très-régulière se rapprochant d'une moitié d'ellipse dont le grand axe serait la distance qui sépare la rivière de Boulari de la pointe Tara et dont la moitié du petit axe serait la hauteur du mont d'Or (775 mètres).

Vu du nord-ouest, la courbe est moins régulière et montre trois pitons distincts dont le plus élevé se nomme *Gouemba.*

Au nord-ouest, quatre ravins prenant leur naissance très-près du mont Gouemba, descendent en divergeant mais en ligne droite; ils échancrent profondément la montagne et présentent en plusieurs points des cascades remarquables; les eaux y roulent d'énormes blocs de roche.

Sur la face nord-est, les pentes sont un peu moins rapides que sur le flanc sud-ouest; les broussailles abondantes et très-serrées s'opposent presque complétement à l'ascension.

Au sud-est, ce massif se termine par un contre-fort court et arrondi que domine un piton de 451 mètres d'élévation; celui-ci descend brusquement à la mer qui baigne son pied en le contournant pour former l'entrée de la baie Mouéa.

Le mont d'Or paraît avoir été un centre d'éruption à l'époque de plus ou moins longue durée, pendant laquelle

surgirent en abondance, dans ces parages, les roches éruptives magnésiennes : ce cône, élevé à large base, diffère, au point de vue physique, des pics voisins par son isolement, mais les roches qui le composent se rattachent à celles de la *grande chaîne* et ont exercé les mêmes actions soulevantes et métamorphiques sur les roches stratifiées à travers lesquelles elles se sont fait jour.

Nous avons vu que du côté de l'ouest, c'est-à-dire sur le rivage de la mer, on rencontre au pied du mont d'Or la formation carbonifère présentant là, entre la mer et la montagne, une bande étroite. Si contournant alors le mont d'Or, on se dirige entre son pied et la rivière de Boulari, on rencontre d'abord une série de petites collines reliées par des contre-forts et composées des *schistes feldspathiques* que nous connaissons. La végétation est d'une grande richesse, aussi y trouve-t-on de belles cultures indigènes dans les petits vallons qui séparent ces collines, entonnoirs bien abrités des vents et toujours un peu humides, des plantations de *café* réussiraient très-bien.

Bientôt l'aspect du pays change d'une manière complète ; aux schistes succèdent des argiles rouges formant des collines peu élevées, mais allongées qui contiennent des rognons de fer oxydé, chromé, etc. Quelques petits filons de quartz, cristallisé parfois blanc jaunâtre, caverneux, grenu, courent au milieu de ces amas argileux ; on y rencontre aussi des veines de feldspath coloré par l'oxyde de fer ; la végétation est à peu près nulle.

Sur les bords de la rivière Boulari et dans ces argiles se trouvent deux puits de 5 mètres environ de profondeur ; ils ont été creusés, paraît-il, par l'infortuné M. Bérard dans la pensée qu'il trouverait du cuivre ; car, d'après les naturels de ces parages, auxquels je montrai des échantillons de cuivre oxydulés, la rivière de Boulari contiendrait souvent dans son lit des rognons plus ou moins volumineux de ce riche minerai de cuivre, et cela surtout après les

grandes pluies. Le temps m'a manqué pour faire des recherches dans ces parages.

En quittant les fouilles opérées par M. Bérard, nous commençâmes par contourner la face nord-est du mont d'Or, nous dirigeant au sud-est; les parties basses sont ici très-marécageuses; quelquefois aussi elles sont remplies par des blocs descendus du mont d'Or, des masses ferrugineuses et siliceuses à demi-scorifiées. Ces masses siliceuses, qui paraissent provenir de la décomposition des serpentines, se retrouvent souvent avec elles, offrant alors plusieurs aspects, tantôt c'est un silex caverneux, renfermant encore dans ses cavités des silicates magnésiens; tantôt nous voyons le passage du quartz hyalin fibreux à l'opale; quelquefois c'est un quartz résinite à cellules desquelles les matières serpentineuses ont été enlevées. Enfin, ce sont parfois des squelettes de silice, provenant d'une serpentine dont la magnésie a disparu.

Arrivant enfin dans la plaine de Khouen on trouve un ruisseau, affluent de la rivière Macéa, dont les eaux jaunies par l'oxyde de fer, tiennent en dissolution une forte proportion de *sulfate de protoxyde de fer* que dénonce leur saveur astringente et analogue à celle de l'encre; on sait que la médecine tire parti de ces eaux; celles-ci prennent leur source sur le flanc nord-est du mont d'Or et vers le col qui le sépare de son contre-fort sud.

En opérant l'ascension du mont d'Or par le ruisseau de la cascade (flanc sud-ouest), on rencontre d'abord des alluvions récentes, formées de blocs éruptifs volumineux, détachés des parties plus élevées et empâtés dans des argiles jaunâtres. C'est dans ces alluvions que le ruisseau s'est creusé une cascade d'environ 12 mètres de hauteur, dont les parois forment un petit cirque presque entièrement fermé. Au-dessus de cette chute d'eau, on trouve des roches stratifiées très-friables; schistes argileux, aux couleurs violettes, jaunes ou blanches, dirigés nord-ouest et sud-est,

fortement inclinés vers le nord et paraissant appartenir à l'époque carbonifère. A ces schistes succèdent des amas de matières sablonneuses, friables et jaunâtres, qui, par le lavage des pluies et des eaux courantes décèlent des fragments grossièrement arrondis de manganèse oxydé terreux.

Plus haut, ce sont les serpentines ordinaires; enfin, à une altitude de 250 mètres environ, en un point où le *ruisseau de la cascade* coule resserré entre deux murailles à peu près verticales de 20 mètres de hauteur environ, apparaît un amas de minerai de chrome, qui se présente là en petits cristaux cimentés par une terre magnésienne.

Dans les serpentines du mont d'Or surtout, on rencontre parfois un minéral assez complexe, qui paraît principalement formé de chlorites, il est en petits amas ou en nids; quelquefois il affecte une forme schisteuse qui pourrait de prime-abord la faire considérer comme un *stéaschiste.*

Au sommet le plus élevé du mont d'Or, sur une plate-forme, abonde le minerai de fer avec chrome, se présentant en masses plus ou moins volumineuses, mais ordinairement de la grosseur de la tête. Dans certains points, ces rognons sont amassés en tas de quelques mètres cubes de volume, peu espacés les uns des autres, et les naturels m'expliquèrent cela de la manière suivante : à une époque assez éloignée, les indigènes des *îles des Pins* et d'*Ouen*, venaient ravager les plaines de Marari et de Boulari ; leurs habitants n'ayant souvent de refuge que dans la fuite, et poursuivis quelquefois jusque dans la montagne par des ennemis nombreux et acharnés, se retiraient en dernier ressort sur cette plate-forme. Il leur était alors facile d'empêcher l'escalade en faisant rouler sur les assaillants ces gros et lourds galets de fer (qu'ils nomment *mérégua*) empilés en tas autour d'eux comme de véritables boulets.

On effectue aisément l'ascension du mont d'Or en suivant l'arête qui prend naissance du côté de Boulari (nord-ouest); on y aperçoit d'abord les *schistes feldspathiques noduleux*,

auxquels succèdent les serpentines schisteuses, etc. Il en est de même si l'on remonte la même arête en partant de son extrémité (sud-est); par cette voie l'on trouve, du côté de l'est, au sommet d'un ravin qui conduit ses eaux jusque dans la vallée de Khouen, un amas de minerai de chrome cristallin, dont nous parlerons tout à l'heure. De ce point, en descendant vers Khouen, on rencontre encore toute une série de minerais de chrome.

Minerais de chrome du mont d'Or. — Nous l'avons dit, dès les premiers pas qu'il fait en Nouvelle-Calédonie, l'observateur est frappé de l'abondance des roches magnésiennes, mais il s'aperçoit en même temps que, malgré des différences assez grandes d'aspect, de nature et d'âge, elles ont un lieu commun et un compagnon constant, le *fer chromé*. En effet, ce minéral se trouve :

En nodules dans les stéaschistes de Balade (nord-est);

En grains cristallins dans les schistes serpentineux du sud et dans ceux du nord-ouest;

En cristaux plus ou moins volumineux dans les serpentines diallagiques, les diallages, les minerais de fer du sud;

En masses amorphes et amas plus ou moins considérables dans les argiles au milieu des serpentines;

Enfin, le fer chromé compose presque exclusivement les sables métallifères noirs qui recouvrent les rivages de tout le sud de l'île et le lit des ruisseaux qui circulent dans les serpentines.

Parmi tous ces modes de gisement du fer chromé, il n'en est qu'un seul qui présente ce minerai avec assez d'abondance et de pureté pour que l'exploitation en soit rémunératrice, c'est celui où le fer chromé se montre en amas au milieu des serpentines et que l'on rencontre au mont d'Or, comme nous venons de le voir.

En parcourant le mont d'Or dans plusieurs sens, j'ai rencontré, un peu partout, ces amas de minerais de chrome.

Tous sont d'une exploitation facile étant à la surface du sol; simplement mélangés à une argile tendre; quelle sera la richesse de ces gisements en profondeur? Je l'ignore, n'ayant pas eu les moyens de faire des recherches concluantes à cet égard; mais actuellement les frais de l'exploitation et des recherches seraient couverts au delà par le prix de vente du minerai. Le transport du minerai à la mer s'exécuterait facilement en lui faisant suivre les pentes, ordinairement assez régulières ou faciles à régulariser, du mont d'Or.

J'ai fait en Nouvelle-Calédonie le calcul du *prix de revient* d'une tonne du minerai de l'amas de *Khouen* rendue à la mer, en supposant établis un chemin de traîneau et un chemin de charrettes du bas de la montagne à la mer, et voici le résultat obtenu :

	fr.
Extraction d'une tonne de minerai.	2,50
Chargement et transport au traîneau.	1,00
Chargement et transport au pied du mont d'Or.	2,00
Chargement et transport en charrettes au bord de la mer.	3,00
Frais généraux, usure et entretien du matériel. . . .	3,00
Total.	11,50

Il faut ajouter aux 11f,50 par tonne les frais de chargement et le fret jusqu'en Europe; ce dernier est variable, car tel navire ayant besoin de lest (ce qui est le cas le plus ordinaire des bâtiments du commerce venant en Calédonie) prendra à un prix très-bas ce minerai qui, par sa densité assez élevée, remplirait très-bien le but; à défaut de ces navires le prix de transport s'élèverait jusqu'à 100 francs environ. A ce taux l'exploitant aurait même encore un grand avantage, car le minerai de chrome vaut en grand environ 200 francs la tonne (il se vend à Paris en détail 1 franc à 1f,20 le kilog.). Le prix du minerai calédonien ne serait certainement pas au-dessous du taux cité, puisqu'il a été re-

connu de première richesse en chrome; voici, du reste, la moyenne de deux analyses de ce *chromite* de fer, dont l'une a été faite à l'École des mineurs de Saint-Étienne :

Peroxyde de fer.	34,000
Sesquioxyde de chrome.	61,353
Alumine.	0,114
Magnésie.	0,012
Silice.	4,625
Matières non attaquées et pertes.	0,016
	100,000

La teneur de 61.353 p. 100 de sesquioxyde de chrome est la plus élevée que j'aie trouvée dans les ouvrages qui donnent, pour les différents fers chromés, les teneurs suivantes :

Fer chromé	de l'Aveyron.	37,0
—	de Styrie.	34,8
—	des monts Ourals. . . .	55,5
—	de Silésie.	32,3
—	de Saint-Domingue. . .	37,0
—	de Baltimore.	51,6

Je terminerai cet aperçu sur les minerais de *chromite* de fer de la Nouvelle-Calédonie, en disant que la maison *Delacretaz et Clouet*, du Havre, a annoncé qu'elle pourrait prendre par année plusieurs milliers de tonnes de ce minerai.

Du mont d'Or (*côte ouest*) *à Yaté* (*côte est*). — Le sentier qui conduit du mont d'Or à Yaté prend naissance à Boulari et suit d'abord la rivière de ce nom, que les naturels nomment Oua-Kouré (*Rivière des Kouré* et non des *Kaoris*, comme cela a été écrit. Le kouré est une *crevette* qui pullule dans les eaux de cette rivière; quant au superbe kaori, il n'en existe pas un seul le long de ses bords). Le sol est tout composé des argiles rouges que nous

connaissons; là aussi abondent leurs compagnons ordinaires qui sont le *fer chromé*, *hydroxydé* et les *filons de quartz cristallin.*

La montagne la plus haute que l'on ait à franchir est un pic seulement élevé de 500 mètres environ; enfin, la partie la plus remarquable de la route est la *plaine des Lacs*, située à 14 ou 15 kilomètres d'Yaté; elle mesure 5.000 hectares, d'après M. Bourgey, lieutenant d'infanterie de la marine; cette plaine, composée, comme la plus grande partie des terrains que nous venons de traverser, de masses immenses d'argiles, a dû naturellement retenir les eaux dans les points où se rencontraient des dépressions, aussi présente-t-elle plusieurs lacs dont les deux principaux sont : 1° le lac Latour, de 1.500 mètres de longueur sur 300 mètres de largeur, et 2° le lac Arnaud, dont la largeur est de 500 à 600 mètres et la longueur 1.500 mètres.

La végétation sur ces argiles est à peu près nulle; le seul intérêt qu'elles offrent est cependant important; ce sont les amas, parfois considérables, de minerais de chrome qu'elles paraissent contenir, qui sont appelés à être un jour une source de richesse pour ce pays désolé.

Éruptions magnésiennes de Koé et du bassin de la Dumbéa. — Voici les particularités offertes par cette contrée : d'abord, à l'endroit où la rivière de Dumbéa sort d'une vallée, profondément encaissée dans les montagnes de l'intérieur, pour circuler dans la plaine de Koé, se dresse le pic de *Latouchetéré*, qui n'est autre chose que le quartz hyalin, accompagnant ordinairement les argiles magnésiennes, qui a pris ici les proportions d'un énorme filon; entouré d'argiles, ce quartz est souvent cristallisé, avec des enduits verts à sa surface, qui paraissent dus à du nickel, dont nous allons signaler la présence dans plusieurs des roches de ces parages.

La rivière de Dumbéa, les ruisseaux, ses affluents, qui

arrosent la plaine de Koé et plus particulièrement celui qui met en mouvement la roue hydraulique de l'usine de M. Joubert, contiennent tous dans leurs lits, avec abondance, le silex caverneux, cloisonné qui accompagne ordinairement les argiles magnésiennes ; mais ici, les cavités de la roche sont remplies de silicates magnésiens, fortement imprégnés d'une substance nickélifère verte, qui les colore et que, jusqu'à ce jour, on avait prise pour un certain état du chrome, qui, d'habitude, est abondant dans le quartz lui-même ; M. Jannettaz a constaté la véritable nature de cette coloration.

Le nickel se rencontre aussi dans les mêmes conditions, accompagnant des serpentines noirâtres, avec nodules de matières vertes ; à Kanala, le nickel se montre encore colorant fortement un silicate magnésien.

Il sera d'un haut intérêt d'étudier plus complétement les gisements du nickel en Nouvelle-Calédonie et de voir si l'industrie ne saurait point y tirer parti de ce métal, dont le prix, comme on sait, est assez élevé, et dont l'emploi, cependant, offre tant d'avantages dans certains cas. De prime abord, à cause du mélange intime du nickel au silicate magnésien, on pourrait dire que le traitement en grand de ce métal s'opérerait plus facilement par voie humide.

Lorsqu'on remonte la rivière de Dumbéa, au-dessus de la plaine de Koé, on ne trouve plus que les serpentines ordinaires découpées souvent en prismes plus ou moins volumineux par de petits filons d'une roche *feldspathique* et *magnésienne*, *diallagique* qui, se décomposant facilement, laisse subsister ces masses régulières de serpentine dans des positions bizarres.

Ailleurs les serpentines sont découpées par des bancs quelquefois puissants de feldspath laminaire et de diorites, ordinairement à grands cristaux. Ces diorites offrent ici des particularités remarquables ; ainsi elles sont quelquefois accompagnées d'une matière verte, magnésienne, tendre.

Dans ces deux variétés de diorite, le feldspath se décompose superficiellement et passe ainsi à du kaolin verdâtre.

Enfin, on rencontre parfois une matière très-intéressante (voir la collection); son analyse n'ayant pas encore été faite, on n'en peut parler que prudemment; sa couleur est d'un beau vert, son aspect est luisant et cireux, assez tendre; sa poussière est blanche; elle empâte quelques cristaux de diallage (?); elle offre beaucoup d'analogies avec le jade de la Chine. Cette matière se rencontre au milieu des serpentines et sa matière colorante paraît encore être le nickel.

Dans les autres parties de la Nouvelle-Calédonie composées d'éruptions magnésiennes, la série des roches de ce genre que nous venons de détailler se reproduit ordinairement; je ne citerai donc actuellement que les régions qui se font remarquer par des faits plus particuliers.

Pingiane. Côte occidentale. — Pingiane est une petite tribu située en face de l'île Koniène, formée elle-même de serpentines schisteuses; dans ce village apparaissent au milieu des serpentines des porphyres, que nous trouvons encore à Gatop dans les mêmes conditions; ici, cette roche est parfois toute désagrégée; elle est associée à des jaspes, minerais de fer, roches scoriacées et à quelques veines de calcaire tendre et impur.

De *Pingiane à Koné* ce sont toujours les schistes serpentineux; dans cette dernière localité nous retrouvons les schistes *feldspathiques noduleux* de Nouméa, avec quartz, jaspes, lydiennes, etc.

De Koné à Gatop, le chemin qui longe de hautes montagnes dirigées nord-ouest, traverse d'immenses plaines marécageuses, que recouvrent des *fers limonites;* enfin, à quatre ou cinq heures de marche de Gatop, le sentier est obstrué par la chaîne de *Caffêah*, de 300 mètres de hauteur environ en ce point, qui se détache à angle droit des

grandes chaînes et se compose exclusivement de serpentines.

A Gatop, la baie est dominée par un sommet de 360 mètres environ de hauteur, qui est l'extrémité d'une chaîne de montagnes parallèle à la précédente; ce sommet rappelle, en petit, le mont d'Or; sa constitution pétrologique est la même, sauf que l'action ignée est ici plus apparente et a produit une masse de roches paraissant *frittées* et scorifiées, des rognons d'un silicate de fer caverneux, qui, parfois, forme filon au milieu des serpentines elles-mêmes, qui sont aussi découpées par des *euphotides*.

Au pied de ce sommet se déroule la baie de Gatop, bordée par des schistes feldspathiques noduleux, qui forment ici une chaîne peu élevée, mais régulière. Ils sont associés à des schistes serpentineux, découpés par des filons de quartz et de calcaires.

Entre le fond de la baie de Gatop et la rivière de Pouangué se montre sur le rivage un banc puissant du porphyre signalé à *Pingiane;* seulement ici il est accompagné d'une roche blanche d'aspect particulier, très-facilement fusible, qui doit être une zéolithe. Le porphyre affecte parfois la forme sphéroïdale; il est dirigé nord-ouest.

Les villages de Pouangué, Pouaco, au nord de Gatop, sont aussi composés de serpentines alliées à des schistes feldspathiques.

Enfin, au *cap Deverd*, nous retrouvons les *diorites* à grands cristaux de hornblende; des filons considérables d'un feldspath cristallin très-beau; des euphotides et même un porphyre euritique, identique à ceux signalés à Koé. Aux environs de ce cap se montrent encore les schistes serpentineux avec quartz, jaspe, silex et poudingues à ciment ferrugineux.

Du *cap Deverd à Gomen*, nous commençons à rencontrer, au milieu de la série magnésienne, des filons d'un silicate de magnésie très-blanc, très-pur, mais tenace, ré-

sistant qui, pulvérisé, pourrait très-bien servir à la fabrication des pipes dites « *d'écume de mer.* » Il est dans ces parages d'une abondance extrême au milieu des serpentines; parfois il se colore en vert et passe à la serpentine proprement dite; d'autres fois il perd sa magnésie et laisse un squelette de silice fibreuse et verdâtre.

Koumac. — Un peu au-dessus de Gomen nous trouvons la spacieuse et fertile plaine de Koumac, qui s'appuie sur des montagnes serpentineuses où les diorites abondent.

Ile de Koumac (de la Table). — Cet îlot horizontal, à rebords taillés à pic, est aussi composé en grande partie de roches magnésiennes, qui, à l'ouest, sont associées à un banc de calcaire grenu.

La serpentine contient aussi des silicates de magnésie verdâtres, assez durs, très-siliceux avec de petits nodules de même matière, paraissant offrir un commencement de cristallisation. Encore dans ces serpentines on rencontre ici une opale jaunâtre mamelonnée, d'aspect agréable.

Enfin, au milieu de silicates de magnésie tendres, se trouvent des rognons très-denses composés de cristaux, de diallage verte, accolés.

Ile Tanlé. — Cette île, formée de roches magnésiennes, se fait remarquer par l'abondance du silicate de magnésie blanc, compacte, dont j'ai parlé. Le fer chromé injecte aussi presque toutes ces roches.

Côte est. Houagap. — Les montagnes environnant Houagap présentent aussi quelques nouveaux aspects de roches magnésiennes; ainsi à Pouimbey on rencontre des euphotides pyriteuses particulières passant à une variolithe. A Amoi, les mêmes roches se montrent aussi. Au sujet de cet endroit, situé à une journée de marche au sud de Houagap, je relaterai un fait qui peut avoir un certain intérêt pour la science :

En 1865, pendant le cours d'une expédition militaire contre les naturels de la côte ouest, à la suite de laquelle

je pus visiter cette contrée encore insoumise, quelques-unes des pierres lancées contre nous par les naturels purent être recueillies ; la densité considérable de quelques-unes d'entre elles, attira mon attention et je reconnus, en effet, qu'elles étaient composées de sulfate de baryte blanc cristallin. Mais je n'avais jamais vu cette espèce en place, et, comme on le sait, ce minéral est le compagnon presque constant des filons de certains métaux ; j'interrogeai donc différents insulaires. Les habitants de la tribu d'Amoi reconnurent bien cette pierre, me disant qu'on la trouvait, au milieu des herbes, non loin de la rivière d'Amoi, qu'il y en avait de gros blocs. Je montrai en même temps à ces hommes des échantillons de différents minerais. Apercevant un beau fragment de cuivre pyriteux : « Ceci, me dirent-ils, se trouve avec la pierre lourde. »

J'aurais bien désiré vérifier l'exactitude de ce fait, mais je n'en eus pas le temps ; dans tous les cas, avec ces données, il serait facile de trouver dans cette tribu le point d'où ils extraient cette pierre très-recherchée par eux, qu'ils ne donnent jamais aux Européens.

Ile Belep. — L'île Belep, située au milieu des récifs du nord de la Nouvelle-Calédonie, se compose principalement de roches magnésiennes et de fer oxydé rouge argileux que les naturels emploient pour calfater leurs pirogues et comme couleur rouge.

Ile des Pins. — Je ne dirai que quelques mots de cette île dont la constitution géologique se rapporte exactement à celle de l'île Ouen et du sud de la Nouvelle-Calédonie, qui n'est distante que de 4 ou 5 lieues, et à laquelle elle a dû autrefois être unie.

Cette île, circulaire, présente une surface horizontale, composée des argiles et amas de fer hydroxydé ; un seul pic, élevé de 266 mètres, se montre au-dessus de cet horizon. Ce pic est composé des serpentines diallagiques avec toute la série que nous connaissons.

ROCHES DE FORMATION ACTUELLE.

Conglomérat coquillier. — Autour de la plupart des îlôts de sable, il se forme sur les rivages de la mer, un *conglomérat coquillier* très-tenace, qui consiste simplement en l'agglomération du sable du rivage par un ciment tout à fait invisible à l'œil nu, mais qui doit être composé d'une série d'animaux microscopiques, qui, végétant au milieu des sables, en relient les grains les uns aux autres.

Ce conglomérat se forme aussi très-souvent à l'embouchure des rivières et, s'avançant quelquefois assez avant vers la mer, contribue beaucoup à l'agrandissement des plaines qui la bordent.

Carbonate de magnésie. — Nous avons vu que les sources thermales de la baie du Sud déposaient beaucoup d'une matière essentiellement composée de carbonate de magnésie; cette substance, molle à la surface, devient avec le temps très-dure et très-tenace, affectant une texture cristalline.

Sulfate de magnésie. — La plupart des ruisseaux qui descendent des montagnes serpentineuses contiennent beaucoup de sulfate de magnésie qui se dépose quelquefois en cristaux déliés sur la surface des alluvions; et là, dans certains points des berges de la Dumbéa, à Koé, par exemple, on pourrait en recueillir des quantités notables.

Couche d'argile rouge de Nouméa. — A Nouméa et dans les régions avoisinantes qui s'étendent au pied des montagnes serpentineuses, les roches sont recouvertes d'une couche plus ou moins épaisse d'argile rouge accompagnée de limonites, qui paraît provenir des amas d'argiles que nous avons vu accompagnant les serpentines et les brèches dévoniennes. Cette argile fournit souvent une assez bonne terre à brique, quoique, dans beaucoup de cas, la grande quantité de fer limonite qui l'accompagne, s'oppose à une bonne cohésion et que l'on n'obtienne que des briques très-fragiles.

Couches d'argiles blanches et réfractaires.—Les schistes argileux blancs, si répandus dans le centre et le nord de l'île, infusibles comme nous l'avons vu, fournissent toujours par leur désagrégation une argile ordinairement très-fine, très-blanche et très-réfractaire. Cette matière, qui est un silicate de magnésie presque pur, à Arama, par exemple, forme dans les vallées des couches excessivement puissantes. Pour être employée à la fabrication d'objets réfractaires elle aurait besoin d'être mêlée à beaucoup de sables quartzeux, car elle est extrêmement grasse ; la seule impureté qu'elle contienne sont des grains de fer oxydulé, titanés, etc., qui abondent dans les sables des ruisseaux.

Cette argile dans le nord, lorsqu'elle est rendue moins grasse par une certaine proportion d'oxyde de fer, est employée par les naturels pour la fabrication de leurs ustensiles en poterie.

Sables métallifères.—Nous venons de voir dans le nord des sables métallifères ; dans le sud, au milieu des ruisseaux et des rivages, au contact des roches serpentineuses, il y a aussi une très-grande abondance de sables métallifères composés essentiellement de fer chromé, en petits cristaux ordinairement, de fer oxydulé, etc.

Pierre ponce.—Autour de toute l'île, sur ses rivages, les flots de la mer ont rejeté de grandes quantités de pierre ponce ou *Pumite;* elles sont là, à l'état de galets roulés, témoignant du voisinage d'éruptions récentes. On ne sait si elles viennent des volcans voisins de Matthew ou de Tana.

TABLEAU DES ÉTAGES FOSSILIFÈRES DE L'EUROPE REPRÉSENTÉS EN NOUVELLE-CALÉDONIE.

En résumé, en Nouvelle-Calédonie, voici la liste des terrains qui paraissent correspondre, par leurs fossiles, aux terrains de l'Europe :

Terrain quaternaire : caractérisé par des coquilles vivant encore actuellement sur les côtes de l'île.

Néocomien inférieur : caractérisé par une Pinna (nov. sp.).

Lias supérieur : caractérisé par une Nucula Hameri (Dunker).

Infralias caractérisé par { Ostrea sublamellosa. / Pellatia Garnieri (nova species).

Trias. . . { Supérieur : Halobia Lomelli. / Inférieur : Avicula Richmondiana.

Dévonien inférieur. . . . / Silurien supérieur. . . . } Orthis.

Étages azoïques : micaschistes.

Paris, 12 mars 1867.

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR LA DÉTENTE DES RESSORTS MOTEURS DES CHRONOMÈTRES.

Par M. H. RÉSAL, ingénieur des mines.

Les premières recherches expérimentales sur la détente des ressorts moteurs employés dans la construction des montres paraissent dues à M. Rozé, qui, en 1857, a publié, sur ce sujet, dans la *Revue chronométrique* un mémoire accompagné de courbes dans lesquelles les ordonnées et les abscisses sont respectivement proportionnelles au moment moteur et au nombre de tours que l'on fait subir au barillet, comptés à partir de la position qu'il occupe lorsque ce moment est nul.

Cet expérimentateur paraît avoir employé, pour mesurer l'énergie croissante du ressort, le levier à poids mobile suivant sa longueur, terminé par une machoire qui permet de le fixer au barillet, dont se servent les horlogers lorsqu'ils veulent procéder à l'égalisage des fusées pour s'assurer que son tracé correspond bien à un moment constant de la tension de la chaîne. Mais, comme il n'avait probablement pas en vue de représenter les résultats de ses expériences par des formules d'interpolation, il n'a pas cru devoir rectifier, par un tracé continu moyen, les irrégularités de ses courbes, irrégularités inévitables dans les recherches de ce genre, et dues soit au procédé d'expérimentation, soit à des inégalités dans le profil transversal ou dans l'élasticité de la lame, soit à ce que, accidentellement, deux spires consécutives peuvent se toucher et exercer entre elles une pression mutuelle engendrant des frottements.

Mode d'expérimentation. — Après avoir démontré dans

un autre mémoire l'impossibilité de créer, à l'aide des hypothèses admises sur la flexion des corps élastiques une théorie satisfaisante de la détente des ressorts, je me suis proposé d'y suppléer en cherchant à représenter les résultats de l'expérience par des formules empiriques satisfaisantes au point de vue de l'approximation, et c'est ce qui fait l'objet de ce mémoire.

Pour obtenir des données plus certaines, j'ai cru devoir, dans mes expériences, substituer aux ressorts de montres, des ressorts de pendules, dont il est plus facile de vérifier la régularité dans les dimensions transversales et l'élasticité, et remplacer le levier à poids mobile cité plus haut, qui n'est qu'une balance assez imparfaite, par un appareil spécial dont suit la description.

Cet appareil se compose d'un arbre horizontal A (Pl. IV, *fig.* 1, 1 *bis*, 1 *ter*), terminé par deux pointes qui s'engagent chacune dans une crapaudine en bronze B maintenue dans le bâtis G par une vis de pression U, de manière à rendre insensible l'influence des frottements. L'arbre A, dans sa partie moyenne, présente un renflement cylindrique C muni d'un crochet destiné à assujettir l'extrémité intérieure du ressort. L'autre extrémité est encastrée en D (*) dans une virole en cuivre K, concentrique à l'arbre, au moyen d'une vis de pression V, qui fixe en même temps la virole à la pièce G′ boulonnée sur le bâtis G. Cette vis peut occuper diverses hauteurs, par suite d'un coulisseau dont elle est munie et qui peut glisser dans une rainure pratiquée dans G′, lorsque l'on agit sur la vis verticale V′. Une troisième vis V″ permet de faire varier la position de G′ dans le sens horizontal, par le fait d'une autre rainure ménagée dans le bâtis G, dans laquelle peut se déplacer le boulon qui sert à fixer G′. Cette disposition a pour objet de pouvoir opérer sur des vi-

---

(*) J'ai tenu à nous placer dans les conditions des montres soignées, où l'on emploie la *bride* ou *barette*.

roles de différents diamètres et de bien les rendre concentriques à l'arbre.

Une poulie J est montée sur cet arbre, et le diamètre minimum de sa gorge est de 0m,08. La gorge est munie de quatre petits crochets placés aux extrémités de deux diamètres rectangulaires, de manière à permettre de fixer successivement l'une des extrémités d'un fil de métal Bessemer de 0m,0005 de diamètre, terminé d'autre part par un plateau P préalablement taré, et destiné à recevoir des poids pour armer le ressort ; on évite ainsi l'enroulement du fil sur lui-même. Le choix de la matière du fil résulte de ce que l'on obtient en même temps une forte résistance et peu de roideur.

Un cliquet E, maintenu par une lame de ressort R correspond à une roue à rochet F ayant quatre dents à angle droit et qui fait corps avec l'arbre A. Enfin une aiguille H, également adaptée à cet arbre, parcourt un cadran vertical I, fixé au *bâtis* G, divisé en degrés et qui permet d'apprécier les déplacements angulaires que l'on fait subir à A.

La virole joue ici le rôle du tambour barillet d'une montre ou d'une pendule, et le renflement C celui de la bonde ; l'appareil nous place ainsi dans les mêmes conditions que lors du remontage pour lequel le barillet est fixe et la bonde mobile, ce qui n'offre aucun inconvénient puisque, d'après les premiers éléments de la statique, le moment dû à la détente, estimé par rapport à l'axe A, est le même, que le barillet soit mobile et la bonde fixe, ou que l'inverse ait lieu.

Nous avons reconnu que les indications fournies par l'expérience sont beaucoup plus précises en armant le ressort et diminuant graduellement la charge placée dans le plateau, qu'en faisant l'inverse, par suite d'une tendance moins fréquente des spires à se joindre et à se gêner mutuellement dans leurs déplacements respectifs. C'est pourquoi nous avons adopté exclusivement le premier de ces deux modes d'expérimentation.

Le rochet, qui s'oppose à la détente, permet d'armer fa-

cilement le ressort, en agissant sur la poulie avec la main, aidée, si cela est nécessaire, par un poids convenable placé dans le plateau.

Nous n'avons opéré que d'un quart de tour en quart de tour. Pour passer d'un quart de tour au suivant, après chaque opération, on agissait légèrement de bas en haut sur le plateau, ce qui permettait de dégager le déclic de la roue à rochet et de laisser passer la dent avec laquelle il se trouvait en contact. On décrochait ensuite le fil pour le fixer au crochet horizontal ascendant de la poulie, puis on diminuait la charge jusqu'au moment où l'équilibre paraissait établi. On s'assurait de la stabilité de l'équilibre en faisant subir un petit déplacement angulaire à l'arbre de part et d'autre de la position correspondant à l'observation que l'on avait à faire.

Nous avons opéré sur un ressort de pendule (*) de $0^{m},027$ de largeur et de $0^{m},0005$ d'épaisseur. Nous avons fait quatre séries d'expériences, l'une avec la longueur totale du ressort, qui était de 3 mètres, et les trois autres en réduisant successivement cette longueur aux 3/4, à 1/2 et à 1/4.

Lorsque le ressort approche de sa limite de tension maximum, il devient *paresseux*, c'est-à-dire qu'il se trouve dans des conditions telles que s'il faut ajouter un certain poids q à la charge Q placée dans le plateau, pour faire subir à la poulie un petit déplacement angulaire, il faudra enlever à $Q + q$ un poids supérieur à q pour ramener la poulie à sa position primitive; ce qui s'explique par les actions mutuelles que les spires exercent entre elles et qui développent des frottements notables. Dans de pareilles conditions, l'expérience ne pouvant donner aucun résultat précis, nous avons pris pour point de départ de nos observations un état du ressort antérieur à celui dans lequel il est complétement armé. Notre appareil

(*) Pour un barillet de 18 lignes ou de 64 millimètres de diamètre.

est devenu alors sensible pour des variations de charge de 20 à 30 grammes.

Rapports entre les divers éléments du ressort. — Le diamètre de la bonde est de $0^m,021$, celui de la virole, mesuré à l'intérieur, de 0,063, soit à peu près trois fois le précédent, rapport adopté dans la construction des montres.

Soient :

l la longueur de la lame,

N_0 le nombre des spires qu'elle forme lorsqu'elle est complétement armée,

ε la fraction du rayon de la virole occupée par les spires dans cet état,

α le rapport de la longueur de la lame a deux fois le diamètre intérieur de la virole,

$R_0 = 0^m,105$ le rayon de la bonde,

$R = 0^m,0315$ le rayon intérieur de la virole,

$e = 0^m,0005$ l'épaisseur de la lame.

On a les relations (*)

$$l = \pi N_0 (N_0 e + 2R_0),$$

$$\varepsilon = \frac{2N_0 e}{0.063},$$

$$\alpha = \frac{l}{0,126},$$

qui ont permis d'établir le tableau suivant :

l	N_0	ε	α
3,00	27	0,43	23
2,25	23	0,36	17
1,50	16	0,26	12
0,75	10	0,16	6

(*) Voyez le mémoire cité plus haut.

Les valeurs de N_0 sont conformes à celles qui ont été observées directement.

Dans les montres, ε est égal à 1/3 et la longueur des ressorts du commerce et à peu près égale à douze fois le diamètre de la platine, ou à un peu plus de douze fois le double du diamètre intérieur du barillet. On voit ainsi, d'après les valeurs de ε et α, consignées au tableau précédent, que celles de nos expériences qui peuvent le mieux s'appliquer aux montres, sont celles qui correspondent aux longueurs de l respectivement égales à 2.25 et 1.50.

En général, comme nous le verrons plus loin, le ressort, lorsqu'il est complétement désarmé, est formé de spires jointives dont la masse s'appuie contre le tambour du barillet auquel elle se rattache par une portion de lame relativement assez courte pour que l'on puisse en faire abstraction. Dans ce cas, en appelant N le nombre de spires, on a la formule

$$l = \pi N (2R - Ne),$$

qui donne

$N = 18$	pour	$l = 3.$
13.	. . .	2,25,
8.	. . .	1,50,
4.	. . .	0,75,

chiffres qui s'accordent également très-bien avec les résultats de l'observation.

Formes successives qu'affecte une lame de ressort qui se détend. — Il nous a paru intéressant de nous rendre compte de la manière dont les spires se comportent géométriquement à mesure que le ressort se détend (*).

Lorsque le ressort est complétement armé, il est enroulé en spires serrées, les unes contre les autres, autour de la

(*) Pour éviter les déplacements latéraux du ressort, nous avons fixé sur le bâti de la machine ci-dessus décrite, quatre tringles verticales situées deux à deux de part et d'autre de la virole dont elles rasaient les lèvres.

bonde qui forme noyau, à l'exception d'une portion de la lame qui se détache du contour extérieur de la masse des spires, à une distance angulaire de 100 à 120 degrés de son encastrement extérieur.

A mesure que le ressort se détend, un desserrage, qui ne fait qu'augmenter, se produit, d'abord entre les spires centrales, et se propage graduellement; le rayon de la spire extérieure augmente, en même temps que l'étendue de son contact avec la virole, de part et d'autre de l'encastrement extérieur, et par suite, l'intervalle qui sépare cette spire de la virole va en diminuant. Il se forme autour de la bonde un vide croissant qui renferme une portion de lame de raccordement de la spire intérieure avec la bonde. En assimilant ce vide à un cercle, son centre se trouve sur le prolongement du rayon qui joint l'encastrement intérieur au centre de la bonde. Au point du vide le plus éloigné de l'axe de rotation, correspond une contraction de la masse des spires qui sont par suite plus serrées dans cette région que dans celle qui lui est diamétralement opposée.

Les spires extérieures viennent ensuite s'appuyer complétement et se serrer successivement contre la virole; puis on n'observe plus qu'une ou deux spires intérieures isolées se raccordant avec la bonde. Enfin, lorsque le ressort est suffisamment long et qu'il est complétement désarmé, il ne reste plus qu'une masse de spires collées contre le barillet dans le vide intérieur, masse dont se détache une lame de raccordement avec la bonde.

Les *fig.* 2, 3, 4 et 5, Pl. IV, donnent une idée de ces différentes phases pour la lame de ressort de 3 mètres de longueur que nous avons soumis à l'expérience.

La *fig.* 2 représente le ressort complétement armé.

La *fig.* 3, l'une des phases intermédiaires ci-dessus définies.

La *fig.* 4, la phase qui précède celle de la détente complète qui est indiquée par la *fig.* 5.

Les spires commencent à se coller contre le barillet trois tours avant que le ressort ne soit désarmé.

La *fig.* 6 représente le ressort désarmé lorsque sa longueur est réduite à 0,75.

Méthode d'interpolation.—Le quart de tour étant pris pour unité, nous avons désigné par x le nombre de ces unités qui séparent l'état dans lequel se trouve le ressort, lorsqu'il est détendu, de celui qui correspond à un état de tension quelconque, et par y la charge en kilogrammes correspondante, placée dans le plateau augmentée du poids de ce plateau. Chaque série s'est composée de quatre, cinq ou six expériences complètes. Nous avons pris généralement, pour les y, les moyennes des résultats de ces expériences, et dans quelques cas particuliers, les valeurs les plus probables, notamment pour les fortes tensions lorsque quelques arc-boutements de spires nous faisaient connaître la cause de certaines anomalies.

Prenant x pour abscisse ($0^m,010$ pour l'unité) et y pour ordonnée, ($0^m.010$ pour 100 grammes), nous avons obtenu un tracé présentant des irrégularités plus apparentes qu'importantes. Mais, pour faciliter l'interpolation, nous avons substitué à ce tracé une courbe moyenne continue, dont les ordonnées ont été substituées à celles de l'expérience.

Nous avons remarqué que pour des valeurs de x supérieures à une limite assez faible x_1, les différences Δy sont à peu près constantes. Nous avons pris leur valeur moyenne a et calculé ensuite les quantités $y - ax$ pour $x < x_1$; nous avons reconnu qu'elles différaient peu d'une moyenne b, ce qui nous a conduit à poser

$$y = ax + b + U,$$

U étant une fonction de x insensible pour $x > x_1$, ayant des valeurs déterminées pour $x < x_1$ et que nous nous sommes proposé de représenter empiriquement, de manière à ob-

tenir une approximation suffisante. Nous avons été conduit à poser

$$(1)\qquad U = -\frac{m}{n + p^{x-1}},$$

d'où

$$(2)\qquad y = ax + b - \frac{m}{n + p^{x-1}},$$

m, n, p étant des constantes comme a et b, dépendant de la longueur de la lame et du diamètre du barillet.

Résultats de l'observation et formules empiriques. — Pour plus de clarté, nous avons conservé les notations y et U pour représenter les résultats immédiats de l'observation, en affectant les mêmes quantités de l'indice 1 ou 2 selon qu'il s'agit du tracé continu moyen ou de l'application des formules d'interpolation. De plus, nous avons désigné par N le nombre total de spires formé par la lame.

Première série d'expériences.

$$l = 3^{m},$$

$$(3)\quad \begin{cases} U_2 = -\dfrac{2{,}254}{(1{,}5)^{x-1} - 0{,}365}, \\ y_2 = 0{,}10\,x + 3{,}98 - \dfrac{2{,}254}{(1{,}5)^{x-1} - 0.365}. \end{cases}$$

N	x	y	y_1	U_1	U_2	$\dfrac{U_2 - U_1}{y_1}$	OBSERVATIONS
	27	8,00					Nous n'avons pas tenu compte de cette expérience dont le résultat est douteux. — Les spires se trouvaient serrées entre elles, d'où des frottements qui ont fait sortir y de la série continue de ses valeurs successives.
	26	6,61	6,71	0,18	»	»	
25	25	6,55	6,57	0,09	»	»	
	24	6,55	6,45	0,07	»	»	
	23	6,30	6,30	0,02	»	»	
24	22	6,20	6,19	0,01	»	»	
	21	6,15	6,08	0,00	»	»	
	20	5,87	5,97	—0,01	»	»	
	19	5,80	5,87	—0,01	»	»	
23	18	5,69	5,75	—0,03	»	»	
	17	5,70	5,67	—0,01	»	»	
	16	5,62	5,58	0,00	»	»	
	15	5,45	5,48	0,00	»	»	
22	14	5,31	5,38	0,00	»	»	
	13	5,25	5,27	—0,01	»	»	
	12	5,13	5,15	—0,03	— 0,04	»	
	11	5,05	5,04	— 0,04	»	»	
21	10	4,93	4,93	—0,05	—0,058	»	
	9	4,67	4,77	—0,31	»	»	Anomalie dans les valeurs de U_1 probablement due à une inégalité dans la section ou l'élasticité du ressort, qui, par la disposition des spires, a dû jouer un rôle important dans cette expérience.
	8	4,63	4,60	— 0,18	»	»	
	7	4,44	4,43	—0,25	»	»	
20	6	4,27	4,22	—0,36	—0,27	1/47	
	5	4,01	4,00	—0,48	—0,48	0	
	4	3,72	3.70	—0,68	—0.75	—1/53	
	3	3,17	3,15	—1,13	—1,18	—1/63	
19	2	2,28	2,28	—1,90	—1,98	—1/29	
	1	0,53	0,58	—3,55	—3.55	0	

La *fig.* 1, Pl. V, représente une réduction des courbes qui ont y et y_1 pour ordonnées. La première courbe est en traits pleins et la seconde en pointillé.

D'après ce tableau, on voit qu'au delà de $x = 9$, — U est relativement très-petit et représente au plus 1/100 de la valeur de y. On peut donc en faire abstraction à partir de cette limite, et considérer l'énergie du ressort comme croissant proportionnellement au nombre des tours.

Dans la série précédente, la formule au moyen de la-

quelle nous avons représenté U, est moins satisfaisante que dans les suivantes, et donne lieu, dans les valeurs de y correspondant aux premières valeurs de x, à des différences relatives de 1/50 environ, sauf un cas pour lequel la différence relative s'élève à 1/29. Quoique, dans les questions de la nature de celle qui nous occupe, on doive se trouver satisfait d'une pareille approximation, nous avons cherché à en obtenir une plus grande en introduisant deux exponentielles au lieu d'une dans le dénominateur de U, ou en posant :

$$(a) \qquad \frac{1}{U} = A + Be^{\beta x} + Ce^{\gamma x},$$

A, B, C, β, γ, étant des constantes qu'il s'agit de déterminer; et e la base du système des logarithmes népériens. D'après le tableau ci-dessus, on a :

$$\begin{aligned} 0,25 &= A + B + C, \\ 0,53 &= A + Be^{2\beta} + Ce^{2\gamma}, \\ 1,47 &= A + Be^{4\beta} + Ce^{4\gamma}, \\ 2,78 &= A + Be^{6\beta} + Ce^{6\gamma}, \\ 5,76 &= A + Be^{8\beta} + Ce^{8\gamma}. \end{aligned}$$

En posant :

$$e^{2\beta} = u, \quad e^{2\gamma} = v,$$

on tire de ces équations, en retranchant successivement chacune d'elles de la suivante,

$$\begin{aligned} 0,28 &= B\ (u - 1) + C\ (v - 1), \\ 0,94 &= Bu\ (u - 1) + Cv\ (v - 1), \\ 1,31 &= Bu^2(u - 1) + Cv^2(v - 1), \\ 2,78 &= Bu^3(u - 1) + Cv^3(v - 1), \end{aligned}$$

Pour éliminer B et C, et former deux équations en u et v, ajoutons, membre à membre, les trois premières des équations précédentes multipliées respectivement par 1 et les

indéterminées λ et λ' et opérons de la même manière pour les trois suivantes. On reconnaît facilement que, dans les deux cas, les indéterminées doivent respectivement avoir les mêmes valeurs pour annuler les coefficients de B et C et qu'elles sont données par :

$$1 + \lambda u + \lambda' u^2 = 0,$$
$$1 + \lambda v + \lambda' v^2 = 0;$$

d'où

$$\lambda = -\frac{u+v}{u}, \quad \lambda' = \frac{1}{uv}.$$

$$0{,}28 - 0{,}94\left(\frac{u+v}{uv}\right) + \frac{1{,}31}{uv} = 0,$$

$$0{,}94 - 1{,}31\,\frac{u+v}{uv} + \frac{2{,}78}{uv} = 0.$$

Posant

$$u + v = X, \quad uv = Y,$$

il vient

$$0{,}28Y - 0{,}94X + 1{,}31 = 0,$$
$$0.94Y - 1{,}31X + 2{,}78 = 0;$$

d'où

$$Y = -1{,}735,$$
$$X = 0{,}876.$$

La valeur négative obtenue pour Y, démontre bien l'impossibilité d'admettre la fonction (*a*). Nous sommes donc obligé de nous en tenir aux formules (3).

Deuxième série (*fig.* 8).

$$l = 2{,}25$$

$$(4)\quad \begin{cases} U_2 = -\dfrac{2{,}566}{(1{,}75^{x-1} + 0{,}604}, \\[2ex] y_2 = 0{,}15x + 2{,}68 - \dfrac{2{,}566}{(1{,}75)^{x-1} + 0{,}604}. \end{cases}$$

N	x	y	y_1	U_1	U_2	$\frac{U_2 - U_1}{y_1}$	OBSERVATIONS.
21	31	7,30					Cette expérience doit être laissée de côté pour les mêmes motifs que l'expérience correspondante de la première série.
	30	7,20	7,25	0,07	»	»	
	29	7,00	7,05	0,07	»	»	
	28	6,95	6,85	—0,03	»	»	
20	27	6,70	6,67	—0,06	»	»	
	26	6,475	6,48	—0,10	»	»	
	25	6,35	6,32	—0,11	»	»	
	24	6,10	6,16	—0,12	»	»	
19	23	5,95	6,00	—0,13	»	»	
	22	5,92	5,88	—0,10	»	»	
	21	5,80	5,76	—0,07	»	»	
	20	5,61	5,61	—0,07	»	»	
18	19	5,50	5,49	—0,04	»	»	
	18	5,40	5,36	—0,02	»	»	
	17	5,22	5,22	—0,01	»	»	
	16	5,07	5,07	—0,01	»	»	
17	15	4,93	4,94	0,01	»	»	
	14	4,78	4,80	0,02	»	»	
	13	4,63	4,65	0,02	»	»	
	12	4,48	4,49	—0,08	»	»	
16	11	4,33	4,35	0,02	»	»	
	10	4,18	4,18	0	0,01	1/418	
	9	4,08	4,05	0,02	—0,02	»	
	8	3,93	3,89	0,01	—0,04	1/131	
15	7	3.73	3,69	—0,04	—0,08	—1/124	
	6	3,48	3,48	—0,10	—0,15	—1/116	
	5	3.18	3,20	—0,23	—0,75	0	
	4	2,88	2,88	—0,40	—0,43	—1/144	
14	3	2,43	2,43	—0,70	—0,70	0	
	2	1,93	1,93	—1,05	—1,09	—1/48	
	1	1,23	1,23	—1,60	—1,60	0	

Les observations, faites plus haut, sont encore applicables ici; U_1 devient insensible pour $x \overline{>} 8$. La fonction U_2 donne, comme on le voit, les résultats les plus satisfaisants. (Voir *fig.* 2, Pl. V.)

Troisième série (fig. 9).

$$l = 1,50,$$

$$(5)\quad \begin{cases} U_2 = -\dfrac{2,369}{2^{x-1}+0,645}, \\[2ex] y_2 = 0,22x + 1,50 - \dfrac{2,369}{2^{x-1}+0,645}. \end{cases}$$

N	x	y	y_1	U_1	U_2	$\dfrac{U_2 - U_1}{y_1}$
	27	7,50	7,50	0,06	»	»
15	26	7,25	7,25	0,03	»	»
	25	7,00	7,00	0	»	»
	24	6,78	6,78	0	»	»
	23	6,50	6,50	0	»	»
14	22	6,25	6,25	—0,09	»	»
	21	6,10	6,10	—0,02	»	»
	20	5,95	5,90	0	»	»
	19	5,70	5,68	0	»	»
13	18	5,50	5,47	0,01	»	»
	17	5,30	5,26	0,02	»	»
	16	5,10	5,05	0,03	»	»
	15	4,78	4,78	—0,02	»	»
12	14	4,53	4,54	—0,04	»	»
	13	4,43	4,34	—0,02	»	»
	12	4,13	4,10	—0,04	»	»
	11	3,88	3,70	—0,02	»	»
11	10	3,68	3,69	—0,01	»	»
	9	3,53	3,48	0	0	0
	8	3,28	3,28	0,02	—0,01	1/110
	7	3,06	3,06	0,02	—0,03	—1/61
10	6	2,81	2,80	—0,02	—0,07	—1/56
	5	2,46	2,46	—0,14	—0,14	»
	4	2,11	2,11	—0,27	—0,27	»
	3	1,65	1,65	—0,51	—0,51	»
9	2	1,11	1,11	—0,83	—0,89	—1/19
	1	0,28	0,28	—1,44	—1,44	»

En outre des observations faites plus haut, et qui sont applicables ici, nous ferons remarquer que, lorsque l diminue, la valeur maximum de $-U$ décroît, tandis que l'exponentielle et la constante du numérateur augmentent de valeur. (Voir *fig.* 3, Pl. V.)

Quatrième série (*fig.* 10).

$$l = 0{,}75.$$

$$(6)\quad \begin{cases} U_2 = 0, \\ y_2 = 0{,}45x + 0{,}20. \end{cases}$$

N	x	y	y_2	$\frac{y_2 - y}{y_1}$	OBSERVATION.
8	17	[illegible]			Résultats incertains.
	16	8,00			
	15	7,20	6,95	—1/24	
	14	6,55	6,50	—1/130	
7	13	6,20	6,05	—1/44	
	12	5,70	5,60	—1/57	
	11	5,05	5,15	1/50	
	10	4,68	4,70	1/234	
6	9	4,23	4,25	1/212	
	8	3,73	3,80	1/53	
	7	3,28	3,35	1/47	
	6	2,85	2,90	1/57	
5	5	2,41	2,45	1/60	
	4	1,98	2,00	1/99	
	3	[illegible]	1,55	1/77	
	2	1,13	1,10	1/38	
4	1	0,60	0,65	1/12	

Pour cette série, il n'a pas été nécessaire de rectifier le tracé résultant de l'expérience ni de faire intervenir la fonction U qui est négligeable, probablement en raison de la valeur considérable que devrait avoir l'exponentielle du dénominateur de cette fonction. (Voir *fig.* 4, Pl. V.)

En récapitulant, on voit que les résultats de l'observation sont représentés d'une manière très-satisfaisante par les formules suivantes :

$$(7)\quad \begin{cases} y = 0{,}10x + 3{,}98 - \dfrac{2{,}254}{(1{,}5)^{x-1} - 0{,}365} \text{ pour } l = 3{,}00, \\ y = 0{,}15x + 2{,}68 - \dfrac{2{,}566}{(1{,}75)^{x-1} + 0{,}604} \ldots\ l = 1{,}25, \\ y = 0{,}22x + 1{,}50 - \dfrac{2{,}379}{2^{x-1} + 0{,}645} \ldots\ l = 1{,}50, \\ y = 0{,}45x + 0{,}20 \ldots\ldots\ldots\ldots\ l = 0{,}75. \end{cases}$$

On est donc conduit à représenter d'une manière géné-

rale la force tangentielle à la poulie équivalente à l'énergie d'un ressort par la formule (2), à laquelle nous nous reporterons dorénavant.

Pour avoir le moment moteur exprimé en kilogrammètres, il suffira de multiplier les expressions ci-dessus par le rayon de la poulie ou par $0^m,04$.

Il résulte de ce qui précède que :

1° La constante a croît en sens inverse de l (*) ;

2° Le coefficient b décroît au contraire avec l, suivant une loi qu'il serait facile de représenter par une formule.

3° m varie entre des limites assez resserrées et pourrait approximativement être considéré comme constant;

4° n, qui est négatif pour des valeurs suffisamment grandes de l, croît rapidement avec cette longueur en passant du négatif au positif.

5° p, qui croît d'abord assez lentement quand l décroît, doit à partir d'une certaine valeur suivre une progression

---

(*) On peut obtenir empiriquement a en fonction de l ainsi qu'il suit :

Soient $z = 4\left(1 - \frac{l}{3}\right)$, $a = \frac{1}{u}$, $u = \alpha + \beta z^n$,

on a

$$u' = \alpha + \beta z'^n$$
$$u'' = \alpha + \beta z''^n$$
$$u''' = \alpha + \beta z'''^n,$$

d'où

$$\frac{u' - u''}{u' - u'''} = \frac{z'^n - z''^n}{z'^n - z'''^n}$$

Pour $z' = 0$, $u' = 10,000$,
$z'' = 2$, $u'' = 4,545$,
$z''' = 3$, $u''' = 2,222$;

d'où $n = 0,875$, $\beta = 2,97$, $\alpha = 10$.

Pour $z = 1$, la formule d'interpolation donne $z = 7,03$ au lieu de 6,67, et l'erreur commise n'est que de 1/20. On peut encore poser dans les limites de nos expériences

$$a = \frac{1}{10 - 2,97\left(4 - \frac{4}{3}l\right)^{0,875}}.$$

très-rapide, que nous ne pouvons exprimer empiriquement faute de données suffisantes ;

6° La fonction U devient insensible pour les

Neuf derniers quarts de tour de la détente, lorsque $l = 3,00$
Huit derniers quarts de tour de la détente, lorsque $l = 2,25$
Six derniers quarts de tour de la détente, lorsque $l = 1,50$

et n'a plus de valeur appréciable quand $l = 0,75$.

On peut, dans tous les cas, au delà du second tour, considérer le moment moteur comme croissant proportionnellement au nombre de tours, et c'est ce qui doit avoir lieu dans les montres où l'on n'utilise que les tours du milieu ;

7° Pour les quatre tours du milieu, la variation du moment moteur, rapportée à sa valeur moyenne, est environ de

0,40 pour $l = 3$ et $2,25$,
0,55 — $l = 1,5$.

Il semble que l'on peut conclure de là, ainsi que du tableau relatif à la 4° série, que, pour ne pas exagérer ces variations, qui pourraient avoir une influence fâcheuse sur la marche d'un chronomètre dépourvu de fusée, il ne faut pas employer des ressorts d'une longueur inférieure à une certaine limite.

Introduction dans les formules du moment d'élasticité. — On a toujours admis jusqu'ici que quels que soient la qualité, le degré de trempe et celui du laminage, le coefficient d'élasticité de l'acier était à peu près constant et égal à celui du fer ou à 2.10^{10}. Ayant eu quelques scrupules sur ce point, à la suite des recherches théoriques qui font suite à ce mémoire, j'ai fait construire un appareil comportant une précision convenable, que je décrirai dans une prochaine communication, et qui m'a permis de déterminer par la flexion, le moment d'élasticité des lames d'acier. C'est ainsi que j'ai obtenu pour la lame dont il s'agit

$$\mu = \frac{742}{10^8}.$$

La largeur de cette lame étant $b = 0^m,027$, et son épaisseur $a = 0^m,0005$, le moment d'inertie de sa section est

$$I = \frac{a^3 b}{12} = \frac{281}{10^{15}}$$

d'où, pour son coefficient d'élasticité,

$$E = \frac{\mu}{I} = 2,64 \cdot 10^{10}.$$

En supposant, comme on le fait d'habitude, $E = 2,10^{10}$, on trouverait seulement $\mu = \frac{560}{10^3}$.

D'après la théorie de la résistance des matériaux, le moment moteur est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnel à μ. En mettant ce coefficient en évidence, les formules (7) deviennent

$$(8)\quad \begin{cases} y = \mu\left(13,5x + 535 - \dfrac{304}{(1,5)^{x-1} - 0,365}\right), \\ y = \mu\left(20,2x + 361 - \dfrac{346}{(1,75)^{x-1} + 0,604}\right), \\ y = \mu\left(29,7x + 202 - \dfrac{320}{2^{x-1} + 0,645}\right), \\ y = \mu\ (60,7x + 27) \end{cases}$$

Si, maintenant, on prend un tour pour unité, et que l'on désigne par n le nombre de tours correspondant à x, on aura

$$(9)\quad \begin{cases} y = \mu\left(54n + 535 - \dfrac{304}{1,5^{4n-1} - 0,365}\right), \\ y = \mu\left(81n + 361 - \dfrac{346}{1,75^{4n-1} + 0,604}\right), \\ y = \mu\left(119n + 202 - \dfrac{320}{2^{4n-1} + 0,625}\right), \\ y = \mu\ (243n + 27). \end{cases}$$

Enfin, en se plaçant dans les conditions ordinaires des montres, il suffit de poser

$$
(10)\quad \left\{
\begin{aligned}
y &= \mu\,(\;54n + 535),\\
y &= \mu\,(\;81n + 361),\\
y &= \mu\,(119n + 202),\\
y &= \mu\,(202n + \;\;27),
\end{aligned}\right.
$$

et le moment moteur $0,04y$, que nous désignerons par M sera exprimé par

$$
(11)\quad \left\{
\begin{aligned}
M &= \mu\,(2,16n + 21,40),\\
M &= \mu\,(3,24n + 14,44),\\
M &= \mu\,(4,76n + \;\;8,08),\\
M &= \mu\,(9,72n + \;\;1,08).
\end{aligned}\right.
$$

Le travail produit par la détente d'un ressort. — Si l'on désigne par R_1 le bras de levier de la force, équivalente à l'énergie du ressort, représentée par la formule (2), le moment moteur a pour expression

$$M = R_1\left(ax + b - \frac{m}{n + p^{x-1}}\right).$$

En vertu de la continuité que présente le tracé de nos courbes de détente, on peut, par extension de ce principe, admettre que la formule précédente s'applique non-seulement aux quarts de tours, mais à une fraction quelconque de quart de tour; ce qui revient à considérer x comme une variable indépendante pouvant passer par tous les états de grandeur, depuis zéro jusqu'à la limite supérieure donnée, pour chaque longueur de lame, par les tableaux relatifs aux expériences.

Si donc on appelle φ l'angle décrit par la bonde, on a

$$\frac{\varphi}{\frac{\pi}{2}} = x$$

et pour le travail cherché

$$T = \int_0^{\varphi} M\,d\varphi = \frac{\pi}{2}R_1\int_0^{x}\left(ax + b - \frac{m}{n + p^{x-1}}\right)dx,$$

$$T=\frac{\pi R_1}{2}\left(\frac{ax^2}{2}+bx-m\int_0^x\frac{dx}{n+p^{x-1}}\right);$$

Mais on a,

$$\int\frac{dx}{n+p^{x-1}}=\frac{1}{\log p}\int_0\frac{dp^{x-1}}{(n+p^{x-1})p^{x-1}}=-\frac{n}{\log p}.\log(1+np^{1-x})+\text{const.},$$

expression qui ne renferme naturellement que des logarithmes népériens. Il vient par suite

$$(9)\quad T=\frac{\pi R_1}{2}\left[\frac{ax^2}{2}+bx-\frac{m}{n\log p}\log\left(\frac{1+np}{1+np^{1-x}}\right)\right].$$

Si l'on suppose $R_1 = 0{,}04$, que l'on substitue successivement, dans cette expression, les valeurs de a, b, m, n, p, comprises dans les formules (7), et que l'on donne à x sa plus grande valeur fournie par nos tableaux d'expériences, en laissant de côté la première expérience ou les deux premières lorsqu'il y a incertitude, on trouve

pour $l =$	3,00	$x =$ 26,	$T =$ 9^{km},1
—	2,25	30,	9 ,0
—	1,50	27,	7 ,3
—	0,75	15,	3 ,4

On voit ainsi que le travail, que peut emmagasiner un même ressort, décroît avec sa longueur, et même très-rapidement, lorsque cette longueur reste au-dessous d'une certaine limite.

Discussion des expériences de M. Rozé. — Si l'on considère les courbes résultant des expériences, citées plus haut de M. Rozé, qu'on leur substitue un moyen tracé de manière à en faire disparaître les inégalités, on reconnaît qu'au delà des deux premiers tours de remontage, et jusqu'à deux tours, environ, avant l'armement complet du res-

sort, le tracé se confond très-sensiblement avec une droite. Mais ces expériences sont insuffisantes, en ce qui est relatif aux premières valeurs de x, pour que l'on puisse en déduire l'expression de la fonction complémentaire U, qui, d'après le tracé graphique, paraît compatible avec la forme que nous lui avons assignée à la suite de nos expériences.

Dans ce qui suit, nous ne reproduirons pas les résultats immédiats obtenus par M. Rozé, mais les ordonnées du tracé moyen, en leur substituant des ordonnées intermédiaires lorsque le nombre de tours ne commence pas à partir du point où l'énergie du ressort est nulle.

Nous désignerons par y_1, y_2 les intensités de la force tangente au barillet, dont le moment équivaut à celui que donne le ressort, fournies respectivement par le tracé graphique et la formule d'interpolation, en appelant y'_1, y'_2 les valeurs correspondantes, estimées en millimètres, d'après une échelle déterminée, pour chaque série. Nous conserverons les notations précédentes, en appelant de plus h la largeur de la lame, R continuant à désigner le rayon du barillet, et 4R représentant à peu près le diamètre de la platine. Nous aurons

$$\mu = 10^{10} \cdot \frac{e^3 h}{6} \ (^*).$$

Série A (**).

$$\left.\begin{aligned} l &= 1{,}022 \\ 2\text{R} &= 0{,}037 \\ 2\text{R}_0 &= 0{,}0126 \\ e &= 0{,}0004 \\ h &= 0{,}0038 \\ y_2 &= \frac{y'_2}{40} \end{aligned}\right\} \text{d'où} \left\{\begin{aligned} \frac{l}{4\text{R}} &= 13{,}8 \\ \frac{\text{R}}{\text{R}_0} &= 2{,}9 \\ \mu &= \frac{405}{10^6}. \end{aligned}\right.$$

(*) En admettant, sous toute réserve, que le coefficient d'élasticité de l'acier est égal à $2{,}10^{10}$.

(**) Montre de 15 jours de M. Gontard.

(12) $$y'_2 = 4x + 25.$$

n	y'_2	y'_1
1	29	24
2	33	30
3	37	37
4	41	41
5	45	45
6	49	49

On voit ainsi que, à partir du second tour, la formule (12) donne des résultats très-exacts. On déduit de là

(12′) $$y_2 = 0,102n + 0,625 = \mu\,(247n + 1543)$$

(12″) $$M = Ry_2 = 0,00185n + 0,01656 = \mu\,(4,569n + 28,54).$$

Série B

$$\left.\begin{array}{r} l = 0,96 \\ 2R = 0,0264 \\ 2R_0 = 0,0082 \\ e = 0,00027 \\ h = 0,008 \\ y_2 = \dfrac{y'_2}{20} \end{array}\right\} \text{ d'où } \left\{\begin{array}{l} \dfrac{l}{4R} = 18,2 \\ \dfrac{R}{R_0} = 3,2 \\ \mu = \dfrac{262}{10^6}. \end{array}\right.$$

(13) $$y'_2 = 3x + 19$$

n	y'_2	y'_1
1	22	19
2	25	25
3	28	27
4	31	31
5	34	34
6	37	37

La formule (13) est également très-admissible à partir du second tour. On en déduit

$$(13') \qquad y_2 = 0,15n + 0,95 = \mu(572n + 3664)$$

$$(13'') \quad M = 0,00198n + 0,1264 = \mu(7,55n + 48,36)$$

Série C.

$$\left.\begin{array}{r} l = 0,20 \\ 2R = 0,0265 \\ 2R_0 = 0,0087 \\ e = 0,000215 \\ h = 0,0115 \\ y_2 = \dfrac{y'_2}{20} \end{array}\right\} \text{d'où} \left\{\begin{array}{l} \dfrac{l}{4R} = 22,6 \\ \dfrac{R}{R_0} = 3,04 \\ \mu = \dfrac{19}{10^5}. \end{array}\right.$$

$$(14) \qquad y'_2 = 2x + 26.$$

n	y'_2	y'_1
1	28	22
2	30	27
3	32	31
4	34	34
5	36	36
6	38	38
7	40	40

$$(14') \qquad y_2 = 0,10n + 1,3 = \mu(526n + 6842).$$

$$(14'') \quad M = 0,00132n + 0,0152 = \mu(6,97n + 90,65).$$

Série C'.

Même ressort, dont on a réduit la longueur à $l = 0,900$, en vue d'égaler le vide en plein. On a

(*) L'épaisseur croît de la bonde, où elle avait $0^m,00020$, jusqu'à la virole où elle devient $0^m,00023$. Nous l'avons supposée montante et égale à sa moyenne valeur.

$$\frac{l}{4R} = 17.$$

(15) $$y'_2 = 3x + 26.$$

N	y'_2	y'_1
1	29	28
2	32	30
3	35	34
4	38	38
5	41	42
6	43	44
7	45	46

(15′) $$y_2 = 0,15n + 1,3 = \mu(759n + 6842).$$
(15″) $$M = 0,00198 + 0,0722 = \mu\,(10,45n + 90,65).$$

Série D.

$$\left.\begin{aligned} l &= 1,338 \\ 2R &= 0,0331 \\ 2R_0 &= 0,0087 \\ e &= 0,00029 \\ h &= 0,011 \\ y_2 &= \frac{y'_2}{20} \end{aligned}\right\} \text{ d'où } \left\{\begin{aligned} \frac{l}{4R} &= 20,2 \\ \frac{R}{R_0} &= 3,8 \\ \mu &= \frac{447}{10^6}. \end{aligned}\right.$$

(16) $$y'_2 = 2x + 26.$$

N	y'_2	y'_1
1	28	19
2	30	24
3	32	29
4	34	32
5	36	35
6	38	37
7	40	40
8	42	42
9	44	44
10	46	46

A l'inspection de ce tableau, on reconnaît que la formule (16) ne peut s'appliquer qu'à partir du troisième tour. On a ensuite

(16') $y_2 = 0{,}10n + 1{,}3 = \mu(224n + 2915).$

(16'') $M = 0{,}00165n + 0{,}0215 = \mu(1{,}71n + 48{,}24).$

Série E (*).

$$\left.\begin{aligned} l &= 1{,}30 \\ 2R &= 0{,}0295 \\ 2R_0 &= 0{,}0092 \\ e &= 0{,}00028 \\ h &= 0{,}0115 \\ y_2 &= \frac{y'_2}{20} \end{aligned}\right\} \text{ d'où } \left\{\begin{aligned} \frac{l}{4R} &= 24{,}08 \\ \frac{R}{R_0} &= 3{,}2 \\ \mu &= \frac{421}{10^4}. \end{aligned}\right.$$

(17) $y'_2 = 3x + 30.$

N	y'_2	y'_1
1	33	24
2	36	34
3	39	38
4	42	40
5	45	44
6	48	46

(17') $y_2 = 0{,}15n + 1{,}5 = \mu(356n + 3563).$

(17'') $M = 0{,}00221n + 0{,}0221 = \mu(5{,}25n + 52{,}51).$

(*) Ressort pour chronomètre avec fusée. On a pris la moyenne des épaisseurs qui sont :

	millimètres.	
au milieu de h de	0,30	à la virole,
	0,25	à la bonde,
au bord de h de	0,28	à la virole,
	0,23	à l'arbre.

Série F. — Ressort du commerce.

$$(18)\quad \begin{cases} y_2 = \dfrac{y'_2}{50} \\ y'_2 = 2,5n + 22 \end{cases}$$

N	y'_2	y'_4
1	24,5	16
2	27,0	23
3	29,5	29
4	32,0	31
5	35,5	34
6	37,0	37
7	39,5	40
8	42,0	42
9	44,5	44
10	47,0	46

Il est plus naturel de substituer à n, le nombre m de tours comptés à partir de l'arrêt inférieur, ce qui revient à remplacer n par $m - 2$, $m - 3$..., selon que cet arrêt supprime 2 . 3 tours. En supposant que l'on supprime les deux derniers tours, au lieu des formules (12) ..... (18), on aura les suivantes :

$$y_2 = 0,10m + 0,425$$
$$y_2 = 0,15m + 1,65$$
$$y_2 = 0,10m + 1,10$$
$$y_2 = 0,10m + 1,10$$
$$y_2 = 0,15m + 1,20$$

Dans ces relations, le rapport entre le coefficient de m et le terme constant, est inférieur à un quart.

Il nous paraît inutile de nous arrêter aux développements numériques auxquels peuvent conduire les formules empiriques linéaires que nous venons d'établir, pour évaluer le travail emmagasiné par le ressort entre le second tour

qui suit l'arrêt inférieur et l'avant-dernier tour avant l'arrêt supérieur.

Formule applicable à la détente des ressorts des chronomètres. — D'après les résultats précédents, corroborés par ceux de nos propres expériences, on voit que, dans la limite de la détente du ressort moteur d'un chronomètre pourvu d'un arrêtage, le moment moteur est représenté par une expression de la forme

$$\text{(19)} \qquad M = R(An + B),$$

n étant le nombre de tours comptés à partir de l'arrêt inférieur et même de fractions de tours, d'après les considérations que nous avons exposées dans l'article relatif au travail emmagasiné par les ressorts; A, B, deux constantes dépendant des dimensions de la lame, du rayon R de la virole et de celui de la bonde.

Cette formule peut être remplacée par la suivante, dans laquelle on fait intervenir l'angle ψ décrit par le barillet pendant le remontage,

$$\text{(20)} \qquad M = R\left(\frac{A\psi}{2\pi} + B\right).$$

Si, en prenant la seconde pour unité, on commence à compter le temps à partir du moment où le remontage est effectué, on voit que, pour les chronomètres sans fusée, dont le mouvement moyen du barillet peut être considéré comme uniforme, le moment moteur est de la forme

$$\text{(21)} \qquad M = R(\alpha - \beta t),$$

α et β étant deux constantes qu'il est facile de déterminer en fonction de A et B.

Du profil de la fusée. — Soient :

r le rayon vecteur de la courbe formée par la retraite

hélicoïdale de la fusée, ou la distance d'un point quelconque de cette courbe à l'axe de rotation Oz.

ω l'angle que forme le rayon r avec une droite fixe Ox passant par un point O de cet axe auquel elle est censée perpendiculaire. Nous supposerons que Ox se trouve compris dans le plan de la grande base de la fusée, et que sa position correspond à $\omega = 0$ pour $\psi = 0$.

En admettant, pour simplifier, que le rayon de la grande base de la fusée soit égal à celui du barillet, la condition qui doit être remplie, pour que le moment moteur soit constant, est exprimée par l'égalité

$$\left(\frac{A}{2\pi}\psi + B\right) r = BR;$$

mais on a

$$d\varphi = \frac{r}{R}\, d\omega;$$

par suite

$$d\omega = -\frac{2B}{A} \cdot \pi R^2 \cdot \frac{dr}{r^3},$$

$$\omega = \frac{B\pi R^2}{A}\left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{R^2}\right);$$

et

(22) $$r = \frac{R}{\sqrt{1 + K\omega}}.$$

en posant

$$\frac{A}{B\pi} = K,$$

ce qui est l'équation de la courbe, en projection sur le plan de la grande base de la fusée. A l'inspection de cette équation, on reconnaît de suite qu'elle représente une spirale dont le rayon vecteur va en décroissant indéfiniment jusqu'à zéro, lorsque ω croît depuis zéro jusqu'à l'infini.

Pour déterminer la forme de la surface de révolution que doit affecter la fusée avant d'être entaillée, nous nous placerons dans les conditions les plus simples, qui sont égale-

ment celles qui se prêtent le mieux au tracé pratique de la retraite, et nous poserons comme pour l'hélice proprement dite

$$(23)\qquad z = \delta\omega;$$

z étant la distance d'un point de la courbe au plan de la grande base de la fusée, et δ une constante déterminée par l'épaisseur de la chaîne ou que l'on peut déduire de la hauteur supposée donnée de la fusée, comme nous le ferons voir plus loin.

En éliminant ω entre les équations (22) et (23) et remarquant que $r = \sqrt{x^2 + y^2}$, on trouve pour l'équation de la surface de révolution dont il s'agit

$$(24)\qquad (x^2 + y^2)\left(1 + \frac{K}{\delta} z\right) = R^2.$$

Pour étudier la forme de la courbe méridienne il nous suffira de supposer $y = 0$ et de discuter l'équation

$$(25)\qquad z = \frac{\frac{R^2}{x^2} - 1}{\frac{K}{\delta}}.$$

A l'inspection de cette équation, on reconnaît qu'elle représente une courbe convexe vers l'axe des z qu'elle a pour asymptote.

Si l'on se donne la hauteur ε de la section de la chaîne, il suffira de prendre δ un peu supérieur à $\frac{\varepsilon}{2\pi}$ et l'on devra pouvoir en déduire la hauteur η de la fusée; réciproquement si η est donné on aura à calculer δ ou ε. La solution de ces deux problèmes sera donnée par l'analyse suivante.

Appelons λ la longueur utilisée de la chaîne qui se déduit du diamètre extérieur du barillet et du nombre de tours qu'il doit faire entre les deux arrêts.

On a, en remarquant, que en vertu de l'équation (25), $\frac{\eta}{\delta}$ est l'angle total que décrit la fusée (*).

$$(26) \quad \lambda = R \int_0^{\frac{n}{\delta}} \sqrt{\frac{1}{(1+K\omega)^2} + \frac{K^2}{4(1+K\omega^2)} + \frac{\delta^2}{R^2}}\, d\omega;$$

mais $\frac{\delta^2}{R^2}$ est une très-petite fraction qui est complétement négligeable; de plus, d'après une remarque faite plus haut, $\frac{A}{B}$ est inférieur à $\frac{1}{4}$, par suite $\frac{1}{4}\left(\frac{A}{\pi B}\right)^2 = \frac{K^2}{4}$ n'atteint pas $\frac{1}{64}$; de sorte que l'on peut, sans inconvénient, négliger les puissances du second terme compris sous le radical supérieures à la seconde; on a par suite

$$\frac{l}{R} = \int_0^{\frac{n}{\delta}} \frac{1}{1+K\omega}\left[1 + \frac{K^2}{8(1+K\omega)}\right] d\omega;$$

d'où

$$(28) \quad \frac{l}{R} = \frac{1}{4}\log\left(1 + \frac{K\eta}{\delta}\right) + \frac{K}{8}\left(1 - \frac{1}{1+\frac{K\eta}{\delta}}\right).$$

Telle est la relation qu'il fallait obtenir et par laquelle on déterminera le rapport $\frac{\eta}{\delta}$ au moyen des données de la question.

De la détente du ressort d'un chronomètre dépourvu de barillet. — On peut concevoir que l'on supprime le barillet d'un chronomètre, en le remplaçant par une tige rigide qui relierait invariablement l'encastrement extérieur à l'axe de rotation. Cette hypothèse est celle que j'ai faite dans mes premières recherches analytiques sur la détente

(*) D'après la formule connue :

$$ds = \sqrt{r^2 d\omega^2 + dr^2 + dz^2}.$$

des ressorts (*), pour éliminer les difficultés insurmontables qui résulteraient de la considération de l'influence du barillet.

Je pensais, d'ailleurs, que le ressort d'un chronomètre se trouvait dans les mêmes conditions que s'il n'avait pas été emprisonné, tant que sa spire extérieure n'était pas collée contre la virole, tandis que, au contraire, les expériences décrites plus haut, montrent que l'étendue, du contact entre la virole et le ressort, de part et d'autre de l'encastrement, augmente constamment avec la détente, à partir du point où le ressort est complétement armé, ce qui peut avoir une influence sur cette détente.

En partant de ces considérations, j'ai pensé qu'il ne serait pas inutile de reproduire ici les résultats des expériences que j'ai faites, en premier lieu, sur la lame de 3 mètres de longueur, avec l'appareil de dessus, dépourvu de virole.

Les chiffres qui suivent sont des moyennes résultant de plusieurs expériences dans lesquelles la distance de l'encastrement à l'axe de rotation était de 33mm,5 au lieu de 31mm,5, comme dans le cas de la virole.

Nous avons attribué à y, y_1, y_2 les mêmes significations que plus haut, en prenant les mêmes origines coordonnées que pour la série correspondante avec virole, et donnant des valeurs négatives à x en deçà de cette origine.

(*) Tome X des *Annales des mines*.

x	y	y_1	OBSERVATIONS.
27	8,00		Incertain.
26	6,10	6,10	
25	6,05	6,07	
24	6,00	6,00	
23	5,90	5,95	
22	5,85	5,90	
21	5,80	5,85	
20	5,80	5,80	
19	5,76	5,74	
18	5,68	5,68	
17	5,65	5,62	
16	5,60	5,56	
15	5,52	5,48	
14	5,44	5,40	
13	5,82	5,30	
12	5,24	5,20	
11	5,14	4,10	
10	5,03	4,98	
9	4,88	4,88	
8	4,76	4,75	
7	4,88	4,64	
6	4,58	4,53	
5	4,48	4,43	
4	4,38	4,33	
3	4,28	4,23	
2	4,08	4,13	
1	3,98	4,01	
0	3,88	3,91	
— 1	3,78	3,81	
— 2	3,68	3,70	
— 3	3,58	3,60	
— 4	3,48	3,50	
— 5	3,38	3,40	Le ressort n'est plus libre et touche le bâti par sa partie inférieure; mais le contact ne paraît pas avoir une influence sensible sur la détente dont la loi de décroissance ne se trouve pas altérée.
— 6	3,25	3,29	
— 7	2,98	3,18	
— 8	3,08	3,08	
— 9	2,93	2,98	
—10	2,85	2,88	
—11	2,78	2,78	Le ressort touche de toutes parts.

Le tracé d'une courbe (*fig.* 5, Pl. V) et la discussion des chiffres de ce tableau conduisent à poser

$$(29) \qquad y_2 = 0,10x + 3,91 - W,$$

W étant une fonction positive et croissante de x, mais qui n'atteint une valeur sensible que lorsque $x \geqq 18$.

Avec la virole et à peu près dans les mêmes conditions (à la petite différence près dans les distances de l'encastrement extérieur à l'axe) nous avons trouvé

$$(3) \qquad y_2 = 0,10x + 3,98 + U.$$

On peut donc considérer la différence des deux ordonnées (29) et (3) comme égale à très-peu près à

$$(-U)-W.$$

Influence du barillet sur la détente.— Le barillet a donc pour effet :

1° *De réduire l'énergie du ressort à partir d'un certain point de la détente, de telle manière que, au bout de deux ou trois tours, elle devient complétement nulle, tandis qu'autrement elle continuerait à décroître proportionnellement au nombre des tours jusqu'à une limite assez éloignée, qui dans le cas particulier ci-dessus, correspondrait à* $x=-\frac{3,91}{10}$, *soit dix tours.*

2° *De corriger la réduction, dans son énergie, que le ressort éprouverait dans ses derniers tours de remontage s'il se détendait librement. Dans la partie moyenne de la détente, le barillet n'exerce aucune influence, et c'est ce qui doit toujours avoir lieu pour les chronomètres munis d'un arrêtage.*

La fonction W est une transcendante qui serait nulle pour $x \overline{\overline{<}} 17$ et qui aurait sensiblement pour valeur

$$44(x-17),$$

de $x=17$ à $x=26$ limite à laquelle elle peut être considérée comme nulle.

On aura d'après une formule comme

$$W=0,014\left(40,5+\sum_{m-1}^{m=\infty}\int_{17}^{2}(\alpha-17)\cos m(x-\alpha)\,dx;\right.$$

ce qui n'ajoute rien aux conclusions précédentes.

NOTE

SUR L'INTÉGRATION PAR SÉRIES TRIGONOMÉTRIQUES DES ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES RELATIVES A LA FLEXION DES LAMES ÉLASTIQUES. — APPLICATION A LA SOLUTION DU PROBLÈME DE LA DÉTENTE DES RESSORTS EMPLOYÉS EN HORLOGERIE.

Par M. H. RÉSAL.

Dans un mémoire inséré au tome X des *Annales des mines*, j'ai posé les équations différentielles qui, si l'intégration en était possible, devraient conduire à la loi de la détente d'une lame élastique primitivement plane, munie de deux encastrements à ses deux extrémités. Il ne me paraît pas sans intérêt de compléter ces recherches, en ayant recours, pour représenter les intégrales des mêmes équations, à des séries de sinus et de cosinus de la variable indépendante que j'avais choisie, mais qu'il me paraît plus convenable de remplacer par cette variable diminuée de $\frac{\pi}{2}$.

Pour plus de clarté, je définirai de nouveau les notations que j'ai adoptées.

Les axes coordonnés étant supposés rectangulaires, je ferai passer l'axe Ox par l'encastrement intérieur A, de manière qu'il soit perpendiculaire à la tangente correspondante.

Soient (*fig.* 7, Pl. IV):

μ le moment d'élasticité de la lame,

R_0 la distance OA,

X, Y les résultantes élastiques parallèles à Ox, Oy dans la section normale faite en un point M, dont les coordonnées sont x', y',

U le moment du couple élastique correspondant à la même section,

x, y les coordonnées d'un point quelconque m de la portion de la fibre moyenne limitée par A et M,

s la longueur de l'arc de cette fibre, ayant pour origine A, et se terminant au point variable m,

ρ le rayon de courbure en m,

θ l'angle que forme sa direction avec Ox.

Nous supposerons que, entre A et M, la lame n'est soumise à aucune force extérieure et qu'elle ne présente aucun changement dans sa courbure, c'est-à-dire qu'elle n'offre pas de point d'inflexion, de manière à éviter toutes difficultés relatives aux signes à donner à ρ et à θ, coordonnées que nous considérons toujours comme positives. On a

$$(1) \qquad \frac{dx}{ds} = -\sin\theta, \quad \frac{dy}{ds} = \cos\theta, \quad \frac{d\theta}{ds} = \frac{1}{\rho}.$$

$$(2) \qquad \frac{\mu}{\rho} = \frac{\mu d\theta}{ds} = -X(y'-y) + Y(x'-x) + U = $$
$$= M + Xy - Yx.$$

en appelant

$$(3) \qquad M = U - Xy' + Yx'$$

le moment des forces par rapport à l'origine des coordonnées.

Différentiant l'équation (2) par rapport à s, puis intégrant et désignant par D une constante arbitraire, on trouve

$$(4) \qquad \mu\frac{d^2\theta}{ds^2} = X\cos\theta + Y\sin\theta.$$

$$(5) \qquad \frac{\mu}{2}\frac{d\theta^2}{ds^2} = \frac{\mu}{2\rho^2} = X\sin\theta - Y\cos\theta + D.$$

La constante D se déterminera en exprimant que l'on obtient la même valeur de ρ pour $x = R_0$, $y = 0$, par l'équation (2), et pour $\theta = 0$, et se servant de l'équation (5); ce qui donne

$$(6) \qquad \sqrt{\frac{2}{\mu}(D - Y)} = \left(\frac{M - YR_0}{\mu}\right).$$

Posons maintenant

$$\frac{2D}{\mu} = C, \quad -\frac{2Y}{\mu C} = \alpha, \quad \frac{2X}{\mu C} = \beta.$$

Nous aurons

$$\frac{d\theta}{ds} = \sqrt{C} \cdot \sqrt{1 + \alpha\cos\theta + \beta\sin\theta};$$

d'où

$$ds = \frac{1}{\sqrt{C}} \frac{d\theta}{\sqrt{1 + \alpha\cos\theta + \beta\sin\theta}};$$

par suite, en vertu des relations (1),

$$(7)\quad \begin{cases} s = \dfrac{1}{\sqrt{C}} \displaystyle\int_0^\theta \frac{d\theta}{\sqrt{1 + \alpha\cos\theta + \beta\sin\theta}}, \\ x - R_0 = -\dfrac{1}{\sqrt{C}} \displaystyle\int_0^\theta \frac{\sin\theta\, d\theta}{\sqrt{1 + \alpha\cos\theta + \beta\sin\theta}} \\ y = \dfrac{1}{\sqrt{C}} \displaystyle\int_0^\theta \frac{\cos\theta\, d\theta}{\sqrt{1 + \alpha\cos\theta + \beta\sin\theta}}. \end{cases}$$

On peut supposer que

$$(1 + \alpha\cos\theta + \beta\sin\theta)^{-\frac{1}{2}}$$

soit développé en une série indéfinie de sinus et cosinus d'arcs multiples de θ, et poser

$$(8)\quad (1 + \alpha\cos\theta + \beta\sin\theta) = \sum_0^\infty (A_n\cos n\theta + B_n\sin n\theta),$$

A_n. B_n étant des fonctions de α, β, n, que nous déterminerons ultérieurement. Nous aurons alors

$$s = \frac{1}{\sqrt{C}} \sum_0^{\infty} \frac{1}{n} (A_n \sin n\theta - B_n \cos n\theta + B_n)$$

$$(9) \quad x - R_0 = -\frac{1}{2\sqrt{C}} \sum_0^{\infty} \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{n-1} [A_n \sin(n-1)\theta - B_n \cos(n-1)\theta + B_n] \\ - \frac{1}{n+1} [A_n \sin(n+1)\theta - B_n \cos(n+1)\theta + B_n] \end{array} \right.$$

$$y = \frac{1}{2\sqrt{C}} \sum_0^{\infty} \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{n-1} [A_n \cos(n-1)\theta - B_n \sin(n-1) + A_n] \\ + \frac{1}{n+1} [A_n \cos(n+1)\theta + B_n \sin(n+1)\theta - A_n] \end{array} \right.$$

Si X, Y, M, ou α, β, C, sont des quantités données, on obtiendra s, x, y, en fonction de la variable auxiliaire θ dès que l'on aura calculé les A_n et B_n, et c'est ce qu'il nous reste à faire.

On reconnaîtra facilement que

$$(10) \quad \left\{ \begin{array}{l} (1 + \alpha \cos\theta + B \sin\theta)^{-\frac{1}{2}} = \sum_{m=0}^{m=\infty} \left(-\frac{1}{2}\right)^m \times \\ \qquad \times \frac{3.5.7\ldots(2m-1)}{1.2.3\ldots m} (\alpha \cos\theta + \beta \sin\theta)^m; \end{array} \right.$$

Mais on a

$$(11) \quad \cos m\theta = \frac{e^{mi\theta} + e^{-mi\theta}}{2}, \quad \sin m\theta = \frac{e^{mi\theta} - e^{-mi\theta}}{2i} (^*);$$

par suite

$$(12) \qquad (\alpha \cos\theta + \beta \sin\theta)^m =$$

$$= \frac{1}{2^m} \sum_{p=0}^{p=m} \frac{m(m-1)\ldots(m-p+1)}{1.2.3.\ldots.p} (\alpha - \beta i)^{m-p} (\alpha + \beta i)^p e^{i(m-2p)\theta}.$$

Dans cette formule, il conviendra de grouper les termes également distants des extrêmes avant de remplacer les

---

(*) En représentant, comme on le fait maintenant, $\sqrt{-1}$ par i.

exponentielles imaginaires par leurs valeurs en fonction des sinus et cosinus correspondants, et distinguer, par conséquent, chacun des cas où m est pair ou impair ; la détermination des coefficients A_n et B_n ne présentera plus qu'une simple difficulté de calcul. Mais, comme nous avons surtout en vue l'étude des ressorts employés en horlogerie dont il nous suffit d'avoir le moment moteur, en négligeant leur courbure primitive, comme nous l'avons fait dans un mémoire déjà cité, nous laisserons de côté la recherche précédente considérée dans toute sa généralité.

Admettons donc, maintenant, que le point M correspond à un encastrement perpendiculaire au rayon OM que l'on peut faire tourner à volonté autour du point O ; soient l la longueur de la lame, R le rayon OM, qui sont des données de la question ; φ la valeur de θ correspondant au point M. Nous aurons pour ce point

$$x = R\cos\varphi, \qquad y = R\sin\varphi;$$

par suite

$$(13)\left\{\begin{aligned}
l &= \frac{1}{\sqrt{C}}\int_0^{\varphi}\frac{d\theta}{\sqrt{1+\alpha\cos\theta+\beta\sin\theta}} = \frac{1}{\sqrt{C}}\sum_0^{\infty}\frac{1}{n}(A_n\sin n\theta - B_n\cos n + B),\\
R\cos\varphi - R_0 &= -\frac{1}{\sqrt{C}}\int_0^{\varphi}\frac{\sin\theta\, d\theta}{\sqrt{1+\alpha\cos\theta+\beta\sin\theta}} =\\
&= -\frac{1}{2\sqrt{C}}\sum_0^{\infty}\left\{\begin{aligned}&\frac{1}{n-1}[A_n\sin(n-1)\varphi - B_n\cos(n-1)\varphi + B_n]\\ &-\frac{1}{n+1}[A_n\sin(n+1)\varphi - B_n\cos(n+1)\varphi + B_n]\end{aligned}\right.\\
R\sin\varphi &= \int_0^{\varphi}\frac{\cos\theta\, d\theta}{\sqrt{1+d\cos\theta+\beta\sin\theta}} =\\
&= \frac{1}{2\sqrt{C}}\sum_0^{\infty}\left\{\begin{aligned}&\frac{1}{n-1}[A_n\cos(n-1)\varphi - B_n\sin(n-1)\theta - A_n]\\ &+\frac{1}{n+1}[A_n\cos(n+1)\varphi + B_n\sin(n+1)\varphi - A_n].\end{aligned}\right.
\end{aligned}\right.$$

conditions auxquelles correspondent, en fonction de φ des valeurs de α, β, C, qu'il s'agirait maintenant de trouver. Mais considéré à ce point de vue général, le problème paraît présenter des difficultés insurmontables. C'est pourquoi, nous nous bornerons à calculer ces quantités dans le cas où φ est un multiple de 2π, ce qui suffira pour nous rendre compte de la manière dont varie le moment moteur avec le nombre de tours du barillet.

Dans cette hypothèse, on reconnaît facilement que les formules (12) se réduisent aux suivantes,

$$(14)\qquad \begin{cases} l = \dfrac{A_0}{\sqrt{C}}\varphi, \\ R - R_0 = -\dfrac{A_1}{\sqrt{C}}\varphi, \\ B_1 = 0. \end{cases}$$

Avant d'aller plus loin, nous ferons remarquer que ces formules et celles qui en dérivent ne sont exactes que lorsque φ est suffisamment grand pour que 1° la courbure de la fibre moyenne ne change pas de sens, 2° les spires extérieures ne se touchent pas.

Il est inutile de tenir compte de la première de ces restrictions, dans le cas des ressorts de montres et de pendules, à cause de leur courbure primitive, dont nous avons fait abstraction; il n'en est pas de même si la lame est primitivement rectiligne, et il ne sera pas inutile de donner à ce sujet quelques éclaircissements. La première forme que peut affecter la lame, lorsque les deux encastrements A et M_0 se trouvent sur la même normale Ox, se compose (fig. 8, Pl. IV) de deux boucles identiques Anq, $qn'M_0$ situées de part et d'autre de la droite Ox qui est normale en leur point de raccordement q, forme pour laquelle les équations fondamentales que nous avons établies, ne sont pas applicables, ainsi que nous l'avons fait observer dès le début, et qui doit être considérée comme correspondant à $\varphi = 0$. A mesure que φ

augmente, la boucle adjacente au point A va en se réduisant et finit par disparaître, lorsque φ est suffisamment grand.

Le multiple de 2π, immédiatement supérieur à cette valeur, doit être considéré comme la limite inférieure de φ dans les formules (14). Pour mieux faire comprendre encore, l'influence que peut avoir le changement de courbure de la lame sur son énergie, considérons en particulier la forme $Ann'M_0$: il est clair que les réactions élastiques développées en M_0 sont les mêmes que si la moitié $qn'M_0$ de la lame était encastrée en q, et il nous suffit de considérer cette boucle. En prenant, dans ce cas, pour plus de simplicité, la partie positive de Oy au-dessous de Ox, on reconnaît sans peine que l'on aura, en appelant maintenant θ l'angle que forme la normale avec la partie négative de ce dernier axe :

$$\frac{dx}{ds} = \sin\theta, \quad \frac{dy}{ds} = \cos\theta,$$

$$\mu\frac{d^2\theta}{ds^2} = X\cos\theta - Y\sin\theta,$$

$$\frac{\mu}{2}\frac{d\theta^2}{ds^2} = X\sin\theta + Y\cos\theta + D,$$

$$\sqrt{\frac{2}{\mu}(D+Y)} = \frac{M - Y\left(\frac{R_0+R}{2}\right)}{\mu},$$

$$\frac{2D}{\mu} = C, \quad -\frac{2Y}{\mu C} = \alpha, \quad \frac{X}{\mu C} = \beta,$$

et

$$\left\{\begin{aligned} \frac{l}{2} &= \frac{1}{\sqrt{C}}\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\theta}{\sqrt{1-\alpha\cos\theta+\beta\sin\theta}}, \\ R - \left(\frac{R+R_0}{2}\right) &= \frac{1}{\sqrt{C}}\int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sin\theta\, d\theta}{\sqrt{1-\alpha\cos\theta+\beta\sin\theta}}, \\ O &= \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos\theta\, d\theta}{\sqrt{1-\alpha\cos\theta+\beta\sin\theta}}. \end{aligned}\right.$$

On voit que ces formules sont bien différentes de leurs analogues (14) relatives au cas général que nous nous sommes proposé de traiter, et auquel nous allons revenir exclusivement.

A l'inspection de la formule (12), on reconnaît, que l'on ne peut obtenir un terme indépendant des imaginaires ou des *sinus* et *cosinus* de θ, que lorsque m est pair, et alors ce terme est celui du milieu. En posant

$$m = 2q,$$

le terme dont il s'agit est

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{2q} \frac{2q(2q-1)\ldots(q+1)}{1.2.3\ldots q}(\alpha^2+\beta^2)^q,$$

d'où

$$(15) \quad A_0 = 1 + \sum_1^\infty \left(\frac{1}{2}\right)^{2q} \frac{3.5\ldots(4q-1)}{(1.2.3\ldots q)^2}(\alpha^2+\beta^2)^q.$$

Le développement (12) ne renfermera des termes en $e^{i\theta}$, $e^{-i\theta}$, qu'autant que m sera impair, et ces termes seront ceux du milieu. Supposons donc

$$m = 2t + 1,$$

et successivement

$$p = t, \quad p = t + 1,$$

nous obtiendrons, pour l'ensemble des deux termes ci-dessus,

$$-\left(\frac{1}{2}\right)^{2t+1} \frac{(2t+1)\ldots t+2}{1.2.3\ldots t}[(\alpha-\beta i)^{t+1}(\alpha+\beta i)^t e^{i\theta} + (\alpha-\beta i)^t(\alpha+\beta i)^{t+1}e^{-i\theta}],$$

ou, en faisant disparaître les exponentielles imaginaires, au moyen de $\sin\theta$ et $\cos\theta$,

$$-\left(\frac{1}{2}\right)^{2t} \frac{2t+1\ldots t+2}{1.2.3\ldots t}(\alpha^2+\beta^2)^t(\alpha\cos\theta+\beta\sin\theta);$$

d'où l'on déduit, en se reportant au développement (12) et effectuant des réductions,

$$(16)\quad \left\{\begin{aligned} A_1 &= -\alpha \sum_0^\infty \left(\frac{1}{2}\right)^{4t+1} \frac{3.5\ldots(4t+3)}{(1.2.3\ldots t)(1.2.3\ldots t+1)}(\alpha^2+\beta^2)^t,\\ B_1 &= -\beta \sum_0^\infty \left(\frac{1}{2}\right)^{4t} \frac{3.5\ldots(4t+1)}{(1.2.3\ldots t)(1.2.3\ldots t+1)}(\alpha^2+\beta^2)^t. \end{aligned}\right.$$

Comme B_1 est le produit de β par une somme de termes positifs, on ne peut satisfaire à la troisième des conditions (14) qu'en supposant

$$\beta = 0; \quad \text{d'où} \quad Y = 0,$$

et les deux autres donnent par suite

$$(17)\quad \left\{\begin{aligned} \frac{l\sqrt{C}}{\varphi} &= 1 + \sum_1^\infty \left(\frac{1}{2}\right)^{4q} \frac{3.5\ldots(4q-1)}{(1.2.3\ldots q)^2}\alpha^{2q},\\ \frac{2(R-R_0)\sqrt{C}}{\varphi} &= \frac{\alpha}{2} + \alpha \sum_1^\infty \left(\frac{1}{2}\right)^{4t+1} \frac{3.5\ldots(4t+1)}{(1.2.3\ldots q)\,(1.2.3\ldots q+1)}\alpha^{2t}; \end{aligned}\right.$$

d'où

$$(18)\quad \left\{ \frac{2(R-R_0)}{l} = \frac{\alpha\left[\frac{1}{2} + \sum_1^\infty \left(\frac{1}{2}\right)^{4q+1} \frac{3.5\ldots(4q+1)}{(1.2.3\ldots q)(1.2.3\ldots q+1)}\alpha^{2q}\right]}{1 + \sum_1^\infty \left(\frac{1}{2}\right)^{4q} \frac{3.5\ldots(4q-1)}{(1.2.3\ldots q)^2}\alpha^{2q}}. \right.$$

On voit ainsi que le coefficient α est indépendant de φ et qu'il est de l'ordre du rapport généralement petit $\frac{2(R-R_0)}{l}$. Si par exemple, parmi les relations adoptées dans la pratique, on choisit les suivantes :

$$\frac{l}{4R} = 12, \quad R_0 = \frac{R}{3},$$

on trouve

$$\frac{2(R-R_0)}{l} = \frac{1}{36}.$$

On peut donc, avec une approximation suffisante, négliger dans l'équation (18) les puissances de α supérieures à la troisième et écrire

$$\frac{4(R-R_0)}{l}=\frac{\alpha\left(1+\frac{15}{32}\alpha^2\right)}{1+\frac{3}{16}\alpha^2}=\alpha\left(1-\frac{9}{32}\alpha^2\right).$$

Une première approximation donne

$$(19)\qquad \alpha=\frac{4(R-R_0)}{l},$$

et l'on a pour la seconde, en modifiant un peu, pour simplifier, le coefficient du terme de correction,

$$(20)\qquad \alpha=\frac{4(R-R_0)}{l}\left[1+\frac{1}{13}\left(\frac{R-R_0}{l}\right)^2\right];$$

mais l'approximation (19) est bien suffisante. Il vient ensuite

$$(21)\quad \sqrt{C}=\frac{\varphi}{l}\left(1+\frac{3\alpha^2}{16}\right)=\frac{\varphi}{l}\left[1+3\left(\frac{R-R_0}{l}\right)^2\right].$$

Maintenant on a,

$$\frac{Y}{\mu}=-\frac{C\alpha}{2},\quad 2D=\mu C,$$

et l'équation (6) donne, pour le moment M,

$$(22)\qquad M=\mu\left[\sqrt{C(1+\alpha)}-\frac{\alpha R_0 C}{2}\right].$$

Pour nous rendre compte de l'influence que peut avoir le terme négatif sur l'autre, admettons qu'il soit plus grand que ce dernier, réduisons approximativement la valeur (21)

à son premier terme, et négligeons dans (22) α devant l'unité, nous aurons

$$\varphi > \frac{2l}{R_0\alpha},$$

ou, en admettant ces données numériques ci-dessus,

$$\varphi > 10368,$$

c'est-à-dire $\varphi > 164.2\pi$, soit cent soixante-quatre tours; ce qui est complétement incompatible avec les conditions géométriques que doit remplir le ressort eu égard à son épaisseur.

Nous rappellerons, ce que nous avons dit plus haut, savoir que les formules (20), (21) et (22) ne sont applicables que pour des valeurs supérieures au plus petit multiple de 2π pour lequel la forme de la lame ne présente pas de point d'inflexion, lorsque sa forme primitive est plane, et que les spires extérieures cessent de se toucher. On voit, d'ailleurs, que ces formules donneraient pour $\varphi = 0$ les résultats absurdes

$$X = 0, \quad Y = 0, \quad M = 0.$$

Si nous appliquons les mêmes formules au cas du ressort que nous avons soumis à l'expérience, sans virole, nous aurons

$$2R = 0{,}067, \quad 2R_0 = 0{,}021,$$

$$\alpha = 0{,}032,$$

$$\sqrt{C} = \frac{\varphi}{3},$$

$$M = \mu\left(1{,}016.\frac{\varphi}{3} - 0{,}00004\varphi^2\right).$$

En commençant à compter le nombre n des tours à par-

tir du dix-huitième, nous poserons

$$\frac{\varphi}{2\pi} = 18 + n;$$

d'où

$$(23) \qquad M = \mu [2.13n + 37,72 - 0,0015 (18 + n)^2]$$

où, en ne considérant que la partie linéaire qui est la plus importante,

$$(24) \qquad M = \mu (2,13n + 37,72),$$

tandis que l'expérience pour laquelle (d'après ce que nous avons vu plus haut) la première des formules (11) est applicable, donne

$$(25) \qquad M = \mu [2,16n + 21,40),$$

Les expressions (24) et (25) ne diffèrent sensiblement l'une de l'autre que par la valeur de la constante, ce que l'on ne peut attribuer qu'à l'influence de la courbure primitive de la lame, dont nous avons fait abstraction. Pour nous rendre compte plus exactement de ce fait, supposons que la courbure primitive soit constante et égale à sa moyenne valeur

$$\frac{1}{\rho_0} = 7 \cdot \frac{2\pi}{3} = 14,66.$$

Au lieu de l'équation (2) on aura

$$\mu \left(\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0}\right) = U - Xy' + Yx',$$

ce qui conduit à retrancher μ 14,66 de l'expression (24) qui devient

$$(26) \qquad M = \mu (2,13n + 23,04)$$

et cette valeur cadre de la manière la plus satisfaisante avec la formule d'interpolation (25).

La formule (22) montre que, conformément à l'observation, M croît moins rapidement que φ, lorsque cette variable atteint une valeur notable.

En résumé on peut poser en principe que :

1° Le moment, dû à l'action du ressort, croît d'abord proportionnellement au nombre des tours de remontage, et un peu moins rapidement lorsque ce nombre commence à atteindre une valeur notable ;

2° La résultante élastique correspondant à l'encastrement extérieur, qui est placé sur le même rayon que l'encastrement intérieur, se réduit à une compression dans la direction de la tangente à la fibre moyenne.

Cette force, dépendant du coefficient α, a une faible intensité, et il y a tout lieu de supposer que par suite de la continuité observée dans la détente, la résultante élastique ci-dessus est toujours petite quelle que soit la valeur de φ, et alors les frottements sur les pivots, auxquels elle donne lieu sont très-faibles.

Ainsi se trouve résolue, au moins dans un cas particulier qui suffit d'ailleurs pour se rendre compte du cas général, une question que nous avons vainement cherché à résoudre dans un précédent mémoire, en employant un autre mode d'analyse.

N. B. Notre premier mémoire contient des erreurs d'expressions qui, nous en sommes certain, ont été suffisamment rectifiées par l'intelligence du lecteur.

Ainsi, en parlant de la disposition employée pour le remontage des barillets dentés, page 9, ligne 25, au lieu des mots *et non dans celui de la rotation du barillet*, il faut lire *et qui est aussi celui de la rotation du barillet;* ce qui se déduit, du reste, de l'alinéa qui précède.

De même, dans la description sommaire que nous avons faite du mécanisme des montres, si nous avons signalé les montres à roues de rencontre, comme dépourvues d'échappement, le lecteur sensé n'a pu admettre que nous ayons voulu affirmer que ces montres fonctionnaient sans l'appareil régulateur qu'on désigne, en horlo-

gerie, sous le nom d'échappement; notre intention était simplement de les caractériser comme ne possédant qu'un échappement défectueux, à recul, ne permettant pas de grandes vibrations du balancier; en d'autres termes, que l'échappement de ces montres aujourd'hui abandonné, diffère essentiellement de ce qu'on peut appeler un échappement rationnel, permettant au balancier d'exécuter des vibrations d'une grande amplitude, ainsi qu'on le constate, avec la plupart des échappements exclusivement adoptés dans l'horlogerie portative moderne.

Par les mêmes motifs, page 19, § 8, le lecteur est prié de lire : *quoique les montres marines soient pourvues d'un échappement rationnel*, on a cru, etc.

Au reste, il est facile de reconnaître que ces quelques incorrections, de peu d'importance, mais que nous avons tenu néanmoins à rectifier ici, n'entachent en rien le sujet qui forme le fond du mémoire précité.

DESCRIPTION GÉOLOGIQUE

DES ENVIRONS DE KIELCE, DE CHENCINY ET DE MALOGOSZCZ SITUÉS AU CENTRE DE LA POLOGNE.

Par M. JEAN DE HEMPEL, ingénieur des mines du royaume de Pologne.

La partie du pays que je vais décrire sous le rapport géognostique embrasse une surface d'environ 615 verstes carrées. Sur cette surface, comme nous le savons d'après les savantes observations du professeur Pusch, nous rencontrons des formations qui diffèrent extrêmement entre elles sous le rapport de l'âge géologique. Suivant ces observations, nous voyons ici des rochers qui appartiennent aux plus anciens rocs stratifiés, désignés autrefois sous le terme général de « terrains de transition. » Au-dessus de cette formation, nous rencontrons la formation permienne, recouverte par le calcaire conchylien, et celui-ci recouvert à son tour par la formation jurassique. Nous trouvons donc sur la petite surface que je veux décrire, des restes qui ont été témoins des trois grandes époques géologiques désignées maintenant sous le nom de groupes *paléozoïque*, *triassique* et *jurassique*. Ce coup d'œil nous montre déjà l'importance de la contrée en question, sous le rapport géologique en général; cependant les affleurements des rochers les plus anciens, recouverts par les formations qui leur ont succédé, ont une importance beaucoup plus grande sous le rapport local dans un pays en général plat et recouvert par des alluvions, car ils jettent de la lumière sur la nature géologique et sur la succession des couches dans tout le pays; ces inductions seront confirmées par des données que je présenterai plus loin. Je dois ajouter ici qu'en

réunissant les fossiles, j'ai pris en considération les échantillons extraits du rocher même par moi, ou en ma présence, par des élèves des mines; car je n'ai attaché aucune valeur aux fossiles trouvés isolément dans les champs parmi les blocs erratiques, vu que j'ai eu plusieurs fois l'occasion de me convaincre que ce système par lequel on parvient à réunir un grand nombre de fossiles, mais dont la provenance est mal déterminée, ne peut rien apprendre sous le rapport de l'âge géologique, et même que de cette manière on arrive à des idées complétement erronées. Dans la contrée que je décris cette précaution était indispensable, car en rencontrant sur une petite surface des affleurements de rochers qui appartiennent à des formations diverses, on aurait pu confondre facilement les fossiles qui caractérisent des époques extrêmement différentes. Cette erreur a été commise même par le savant professeur Pusch, qui a placé les ammonites et les belemnites dans le calcaire conchylien du terrain triassique, tandis qu'elles appartiennent à la formation jurassique.

Je passe maintenant à la description de la contrée en question, en commençant par les formations les plus anciennes. (Voir la carte géologique, Pl. III, et les coupes qui l'accompagnent.)

GROUPE PALÉOZOÏQUE.

Pusch en décrivan les montagnes du centre de la Pologne les a appelées « îles des formations anciennes sortant du milieu des formations plus récentes. » Cette description peint en effet le mieux la nature des montagnes les plus élevées de la Pologne, mais c'est la roche quartzifère qu'il faut considérer comme le véritable noyau de ces montagnes. Pusch en adoptant la même inclinaison pour toutes les couches de Kielce à Wystempa a conclu que la roche quartzifère est recouverte par le calcaire et que ce dernier est recouvert par la roche quartzifère, mais cette identité d'inclinaison et cet

ordre de stratification n'existent pas dans la nature. Après avoir examiné minutieusement la contrée en question, je me suis convaincu par tout que la roche quartzifère ne se montre qu'au-dessous des calcaires que je décrirai plus loin.

FORMATION SILURIENNE.

Roche quartzifère. — Limites de la roche quartzifère. — Sur la surface embrassée par ma carte, nous rencontrons quatre chaînes de montagnes quartzifères auxquelles appartiennent :

1. Les collines de Malogoszcz; le point le plus élevé de ces collines, au-dessus du niveau de la mer, est de 1102 pieds russes. Ces petites collines diffèrent de celles qui seront citées après, en ce qu'ici la roche quartzifère est immédiatement recouverte par le grès rouge, tandis que dans toutes les autres chaînes cette roche est recouverte par le calcaire dévonien; on pourrait donc supposer qu'au sud de Malogoszcz nous rencontrons les bords de la mer dévonienne, c'est-à-dire que dans le temps où cette mer a déposé les couches de calcaire, la roche quartzifère est restée découverte jusqu'à l'époque de la formation du grès rouge.

2. En allant de Malogoszcz vers l'orient, nous rencontrons un mince lambeau de roche quartzifère qui commence au moulin du village Mlyny-Bieleckie et se prolonge par Brzeziny, Podwale et Chenciny jusqu'à Skiby. Il faut envisager ce lambeau non comme un système de monticules, mais comme de faibles affleurements de la roche quartzifère dans une vallée entourée de montagnes de calcaire dévonien.

3. Le troisième affleurement de la roche quartzifère, nous le rencontrons au sud de Kielce, il passe par Dyminy, Marchowizna, Zgorsko, et s'étend jusqu'à Jaworzno; ces affleurements présentent des montagnes assez élevées en forme de toits.

4. Enfin, nous voyons au nord de Kielce le système des montagnes les plus élevées de la contrée, qui sont déjà la prolongation de celles de Sainte-Croix, et qui vont de Szydlowek par Zagruchawka jusqu'à Niewachlow; ces montagnes sont exclusivement composées de roches quartzifères.

Caractère minéralogique de la roche quartzifère. — Notre roche quartzifère ou quartzite ne diffère en rien de la roche que les minéralogistes ont en général désignée sous ce nom et elle est soumise aux mêmes changements. Elle est composée en grande partie de grains fins; mais ces grains peuvent être facilement vus même à l'aide d'une faible loupe. Ce n'est qu'au sommet de la montagne de Szydlowek que j'ai trouvé du vrai quartz blanc compacte, translucide près des bords; il ne diffère en rien du quartz de la Bohême apporté en Pologne pour la poterie et la verrerie, je pense même qu'il peut complétement le remplacer. La couleur de la roche quartzifère dépend de la quantité de fer qu'elle contient, en général c'est la couleur gris clair qui domine. Sur la surface des cassures on voit assez souvent que la roche quartzifère est couverte d'un enduit noir, cet enduit est formé de minerai de manganèse toujours accompagné de fer hydraté. Dans les fentes de la roche quartzifère, nous rencontrons souvent des cristaux de quartz qui ne dépassent cependant pas la grosseur d'un pois ordinaire; lorsqu'ils sont colorés par le manganèse ils se transforment souvent en améthystes. Dans les environs de Szydlowek, au nord de Kielce, j'ai rencontré comme une chose rare, du quartz tout à fait noir, quartz Lydien de Werner ou pierre de touche. Dans les couches supérieures de quartz nous rencontrons très-fréquemment des feuillets de mica, et c'est dans ce cas que le quartz se transforme en schiste quartzifère qui le recouvre.

Caractère paléontologique. — Nous connaissons peu de fossiles dans la roche quartzifère, ce qui provient plutôt du manque de carrières de pierres ouvertes dans cette roche,

que du manque de restes organiques. Les fossiles que je cite proviennent presque tous de l'unique carrière qui existe au sud de Kielce, près de Bukowka.

Céphalopodes.

1. *Lituites Breinius* (Pictet, t. II, p. 630, Pl. L, *fig.* 9).

Gastéropodes.

2. *Conularia ornata* (Miller). Ce fossile n'est cité ni par Pusch ni par M. Zeiszner; je l'ai déterminé d'après le dessin de Pictet. (*Traité de paléontologie*, t. III, p. 319, atlas, Pl. LXX, *fig.* 20.)

Brachiopodes.

Les fossiles qui appartiennent aux *Brachiopodes* sont les plus nombreux, plus cependant par la quantité que par la qualité. Tous les échantillons que j'ai trouvés appartiennent aux genres *Spirifer* et *Orthis;* comme il n'est pas facile de les retirer nettement de la roche je n'ai osé déterminer aucun échantillon du genre *Spirifer*.

Du genre *Orthis* j'ai déterminé :

3. *Terebratulites striatulus* (Schlot). (Pictet, t. IV, p. 57, Pl. LXXXVIII, *fig.* 8.)

4. *Orthis vespertilio* (Soverby). Je ne trouve pas cependant cette détermination exacte, car il m'a manqué un dessin de détail.

Du genre *Orthisina* j'ai trouvé :

5. *Pronites plana Pander*. (Pictet, tome IV, page 58, Pl. LXXXVIII, *fig.* 10.)

Tous ces fossiles proviennent, comme je l'ai dit plus haut, de la carrière de pierre, près de Bukowka, au midi de Kielce.

Age relatif. — Quoique les fossiles cités ci-dessus soient peu nombreux, ils font cependant distinguer clairement la roche quartzifère des calcaires qui la recouvrent et avec

lesquels on l'a jusqu'à présent réunie. Parmi les fossiles cités, aucun ne se trouve dans les calcaires et il n'y a pas de doute que pendant que la roche quartzifère se formait il existait d'autres êtres organiques complétement différents de ceux que l'on trouve dans les calcaires.

Après la formation de la roche quartzifère nous rencontrons un certain vide dans le monde organique, car dans les couches du schiste qui recouvrent la roche quartzifère nous ne trouvons pas de fossiles, du moins dans la contrée que je décris. J'ai déjà dit que dans les environs de Malogoszcz la roche quartzifère est immédiatement recouverte par le grès rouge, ce qui démontre aussi que ce n'est qu'après la formation de la roche en question qu'ont commencé à se déposer les couches du calcaire, et que ces couches se sont formées dans des conditions qui n'existaient pas partout, puisqu'on trouve des points où la roche quartzifère est restée découverte jusqu'à l'époque du grès rouge. Les fossiles cités par moi laissent un peu de doute sur l'époque à laquelle on devrait rapporter notre couche quartzifère; les deux genres Orthis, et principalement le genre Orthisina, la placent dans la formation silurienne et notamment dans la formation silurienne inférieure d'A. d'Orbigny, tandis que la *Conularia* et le *Terebratulites striatulus* la feraient peut-être remonter dans la formation dévonienne. Cependant puisqu'ici manquent tous les autres caractères de la formation dévonienne, développés assez largement dans les autres couches qui recouvrent notre roche quartzifère; et de plus, comme la stratification elle-même montre clairement qu'il faut séparer la roche quartzifère des calcaires qui la recouvrent, je l'ai placée dans la formation silurienne inférieure.

Schistes quartzifères. — En général les schistes quartzifères accompagnent la roche quartzifère en couvrant partout les vallées, de sorte que ces schistes ne forment jamais des points élevés. Je n'ai pas rencontré ces schistes

dans les petites chaînes de collines quartzifères près de Malogoszcz; en revanche ils entourent très-visiblement les montagnes quartzifères qui sont entre Skiby, Chenciny et Brzeziny. Nous ne rencontrons que de faibles affleurements de schiste quartzifère dans les montagnes situées près de Kielce, Dyminy et Jaworzno. Dans les environs de Zawada la plus grande partie de ces affleurements est recouverte par des alluvions. Enfin nous trouvons encore des affleurements de ce schiste dans les montagnes qui sont au nord de Kielce, près de Szydlowek et de Niewachlow.

Caractère minéralogique. — J'ai déjà dit plus haut que la roche quartzifère contient souvent dans ses couches supérieures des feuillets de mica, et que, dans ce cas, elle se transforme en schistes quartzifères; ces schistes se partagent cependant en grosses tablettes; ils sont en général gris clair et se décomposent facilement à la surface; c'est peut-être pour cette raison que nous ne les rencontrons pas aux sommets des montagnes, d'où après leur décomposition, ils auront sans doute été transportés dans les vallées par l'action de l'eau, en découvrant la véritable roche quartzifère.

Dans la contrée que je décris, les schistes quartzifères se présentent très-rarement comme de véritables schistes ardoisiers; mais dans ce cas, ils sont d'une couleur plus foncée et se détachent en feuillets beaucoup plus minces. J'ai rencontré de ces schistes à Zagrochawka près de Kielce.

Age relatif. — Les schistes quartzifères ne renferment pas de fossiles; c'est pour cette raison qu'on manque de données précises pour désigner leur âge relatif. Je pense cependant que sous ce rapport on ne peut pas les séparer de la roche quartzifère de laquelle ils sont visiblement dépendants; c'est à cause de cela que je les ai placés dans la formation silurienne inférieure prenant toujours pour base le système adopté par A. d'Orbigny.

FORMATION DÉVONIENNE.

Sur le schiste quartzifère, nous rencontrons la formation dévonienne développée assez largement dans la contrée qui nous occupe. Les roches qui composent cette formation peuvent être partagées en quatre couches distinctes que j'ai nommées comme suit, en commençant toujours par les couches les plus anciennes.

1° Calcaire schisteux.
2° Calcaire à atrypa reticularis.
3° Calcaire à polypes.
4° Calcaire à crinoïdes.

Calcaire schisteux.

Limites du calcaire schisteux. — Dans la contrée que je décris, le calcaire schisteux recouvre le schiste quartzifère dans la partie orientale de Chenciny, et principalement dans les environs de Chodzcza, de Bilcza et de Podwale; mais plus loin ce calcaire est beaucoup plus répandu près de Lagów, endroit qui dépasse déjà les limites de ma carte, et c'est là qu'on retrouve la Lingula avatinaeformis, citée par Pusch et M. Zeiszner. Cependant dans la contrée embrassée par ma carte, je n'ai pas trouvé de fossiles dans le calcaire schisteux. En général ce calcaire se montre seulement dans les vallées, au pied des montagnes; il forme la base des calcaires qui sont au-dessus. Jamais nous ne le rencontrons au sommet des montagnes.

Caractère minéralogique. — Le calcaire schisteux est en général brun foncé, quelquefois même complétement noir; il contient une assez grande quantité d'argile et de fer, et il est fortement empreint de bitume; c'est pour cette raison qu'il exhale une odeur infecte lorsqu'on le casse. A la surface il se décompose par l'action de l'air, et dans ce cas il se partage en feuillets minces parmi lesquels on rencontre souvent de petits cristaux de spath calcaire. Le

calcaire schisteux à cause de sa faible consistance n'est jamais employé comme pierre de construction, on ne l'emploie pas non plus pour la fabrication de la chaux, parce qu'il contient, comme je l'ai dit de l'argile et du fer; et c'est pour cette raison que sous le point de vue industriel, il diffère extrêmement des calcaires qui le recouvrent; et avec lesquels on fait différents objets en marbre, connus dans tout le pays sous le nom de marbre de Chenciny.

Calcaire à Atrypa reticularis.

Limites du calcaire à Atrypa reticularis.—Le calcaire dont je veux parler maintenant recouvre presque partout le calcaire schisteux, et sert lui-même d'assise au calcaire à polypes par lequel il est ensuite recouvert. Sur la surface comprise par ma carte, le calcaire à Atrypa reticularis accompagnant presque toujours le calcaire à polypes, se montre au sud de Chenciny vers la montagne de Wisielcowa près de Bilcza, s'étend par Wolan, Chenciny et Skiby jusqu'à Miedzianka. Au nord de Chenciny, il s'étend de Dyminy à Skiby. Enfin dans la contrée encore plus avancée vers le nord, ce calcaire s'étend assez largement entre les villages de Kawenczyzna, Szydlowek et Czarnów. Le calcaire dont je parle forme près de Chenciny et de Miedzianka des montagnes qui appartiennent aux plus élevées de notre chaîne dévonienne, et elles présentent des sommets escarpés, surtout près de Miedzianka.

Caractère minéralogique. — Le calcaire à Atrypa reticularis est en général d'une couleur foncée, et à cassure conchoïde; il est entrecoupé par de minces veinules de spath calcaire; il est coloré par le bitume, et contient toujours du fer; suivant la quantité de ce dernier sa couleur varie du noirâtre au brun jaunâtre. Après avoir été poli, il prend un bel aspect; on l'emploie pour la fabrication de différents objets en marbre, et dans ce but on a ouvert depuis longtemps des carrières dans les environs de Chenciny. Le calcaire en question présente près de Miedzianka des roches pointues et

coniques, qui se distinguent par leur forme des autres montagnes dévoniennes. Dans cet endroit, le calcaire à Atrypa reticularis contient du cuivre qui, à l'état d'azurite et de malachite, tache ce calcaire d'une couleur bleuâtre et verdâtre.

Caractère paléontologique. — Le calcaire dont je parle, se distingue du calcaire à polypes par le manque de fossiles appartenant à la classe des polypes, lesquels sont au contraire largement développés dans ce dernier calcaire. Le seul fossile que l'on y rencontre, lequel est d'ailleurs très-fréquent, est l'Atrypa reticularis (Dalman) ou Terebratula prisca (Schlot). Ce fossile déjà cité par le professeur Pusch et M. Zeiszner est très-abondant dans ce calcaire, et c'est pourquoi je l'ai appelé calcaire à Atrypa reticularis.

Dépôts métallifères. — J'ai déjà dit plus haut que dans le calcaire en question nous rencontrons près de Miedzianka, du cuivre, dont on a déjà profité dans des temps reculés, et c'est ici que nous trouvons des traces de travaux souterrains assez importants; toutes ces mines sont cependant abandonnées depuis longtemps. Il n'est pas facile de déterminer comment le minerai de cuivre a été déposé dans ce calcaire, car ces anciennes mines sont maintenant inabordables; d'après ce que j'ai pu voir, on peut supposer que le minerai de cuivre formait de minces couches qui avaient la même stratification que les roches encaissantes, de sorte que les dépôts de minerai de cuivre ne peuvent être rangés à des veines ou à des amas irréguliers. Ainsi les couches du minerai de cuivre peuvent être considérées comme contemporaines des couches qui composent la formation dévonienne, mais l'étendue de ces couches cuprifères n'est pas connue. Nous ne connaissons pas non plus les caractères minéralogiques du minerai de cuivre qui dominait parmi les autres, et qui faisait l'objet principal de l'exploitation. Pusch cite l'azurite, la malachite, le sulfure et l'oxyde de cuivre, mais il n'a pas indiqué lequel de ces minéraux dominait. Après avoir

examiné la partie vide, qui résulte visiblement de l'exploitation d'une couche, j'ai trouvé que cette couche avait la direction O.N.-E.S. avec inclinaison vers le nord, ce qui répond à la direction et à l'inclinaison des couches qui constituent la formation dévonienne dans la contrée en question.

En parlant des dépôts métallifères, je ne dois pas passer sous silence le sulfure de plomb; quoique ce minerai appartienne principalement au calcaire dont je parlerai après, cependant en examinant les traces des anciens travaux, on peut supposer que dans le calcaire à Atrypa reticularis on a aussi exécuté des exploitations pour le sulfure de plomb; nous rencontrons, en effet, des traces de ces travaux dans les environs de Chenciny près des montagnes nommées Gaï et Sosnowka.

Calcaire à polypes.

— Le calcaire dont je dois parler maintenant, allant toujours de bas en haut, est celui que j'ai nommé calcaire à polypes, dénomination que je lui ai donnée parce qu'il renferme un très-grand nombre de restes de polypes, d'où résulte pour lui un caractère tout particulier.

Limites du calcaire à polypes. — Sur la surface embrassée par la carte, les principaux affleurements du calcaire à polypes nous présentent trois chaînes de monticules; la première qui apparaît au midi, est la plus étendue; elle commence près de Chodzcza, s'étend par Kowale, Wola-Murowana, Chenciny, Skiby et Charczów jusqu'à Miedzianka. La seconde chaîne commence au midi de Kielce, passe par Karczowka, Stoki, Jaworzno et va jusqu'à Galenzice. Enfin nous rencontrons le calcaire à polypes dans des groupes isolés au nord de Kielce, près de Kostomloty, Brusna-gora, jusqu'à Chelmce.

Caractère minéralogique. — En général c'est la couleur brun foncé qui domine et sa cassure est inégale. Nous y trouvons toujours des traces de fer et d'argile; la matière colorante, c'est le bitume et le fer, comme dans le calcaire

décrit ci-dessus. Dans les environs de Chenciny, j'ai observé près de Szydlowko, un calcaire à polypes presque complétement noir, avec une cassure cristalline. L'analyse chimique de ce calcaire a donné une grande quantité de carbonate de magnésie, en sorte qu'il peut être regardé comme un calcaire magnésien.

Le calcaire à polypes est traversé par des veinules blanches de spath calcaire ; après avoir été poli il prend l'aspect d'un beau marbre, et il est employé pour la fabrication de différents objets comme le calcaire précédent, dont il diffère seulement en ce qu'il contient toujours des restes de polypes qui lui donnent un caractère particulier.

Caractères paléontologiques.

Céphalopodes.

1. Lituites convolvens (Schlot). Pusch cite ce fossile dans les environs de Kielce (Paléontologie p. 173) je l'ai trouvé près de Chenciny et de Kielce.

Gastéropodes.

2. Buccinum vetustum (Lamark). Pusch le cite à Karczowka près de Kielce, j'ai trouvé ce fossile près de Chenciny.

Brachiopodes.

3. Atrypa reticularis, ce fossile a déjà été cité plus haut; dans le calcaire dont nous parlons; bien qu'il ne soit pas aussi fréquent que dans le calcaire qui porte son nom, je l'ai cependant trouvé près de Chenciny.

4. Spirifer speciosus (Bronn). Delthyris speciosa. (Pusch. Polen's paleontologie, p. 27). Je l'ai trouvé près de Kielce.

Polypes.

5. Diphyphyllum cæspitosum (Lonsdale), Cyathophyllum cæspitosum (Goldfus). Ce fossile cité par Pusch et M. Zeiszner se rencontre souvent, j'en ai trouvé les plus beaux échantillons près de Chenciny.

6. Metriophyllum Burchardi (Edwards et Haine). Cyathophyllum mitratum (Michelin). J'ai déterminé ce fossile d'après le dessin de M. Pictet (Traité de paléontologie, t. IV, p. 450, Pl. CVII, *fig.* 14); il a été trouvé près de Chenciny et de Kielce.

7. Alveolites spongites (d'Orbigny, Prodrome), Calamopora spongites (Goldfus). Geinitz (Grundris der Versteinerungskunde, pl. XXIII, *fig.* 13). Ce fossile est cité par Pusch près de Chenciny et de Kielce, je l'ai rencontré dans ce dernier endroit.

8. Cladocora antiqua (Bronn), Lithodendron cæspitosum (Goldfus), Cladocora cæspitosa (Geinitz, Grundriss der Oersteinerungskunde, p. XXIII, *fig.* 6). Ce fossile est un des plus répandus, on peut le trouver presque sur chaque morceau; il donne un aspect tout à fait particulier aux marbres travaillés fournis par cette roche; les tailleurs de pierres appellent ces marbres, marbres verreux.

9. Aulopora tubæformis (Goldfus), Stromatopora (Bronn). J'ai déterminé ce fossile d'après le dessin de Pictet (Pl. CVIII, *fig.* 9). Il a été trouvé à Puslowice, sur une montagne nommée Kamionki.

Amorsphospongiaires.

10. Stromatopora Blainvilli. L'échantillon trouvé répond le plus près au genre Stromatopora concentrica Lonsdale (Pictet, Pl. CX, *fig.* 26).

Dépôts métallifères. — Le minerai le plus important du calcaire à polypes, c'est le sulfure de plomb; dans le but d'exploiter ce minerai on a ouvert dans des temps très-reculés, beaucoup de mines; nous rencontrons des traces de ces anciens travaux au midi de Chenciny, et plus loin sur une montagne nommée Olowianka, située près de Chelmce et de Szczukowice; cependant les travaux qui ont eu le plus d'importance sont ceux que l'on trouve près de Karczowka et de Jaworzno, dans les environs de Kielce.

Le minerai de plomb se trouve dans des veines qui ont une direction à peu près N.-S., la veine la plus riche était située près de Karczowka, les mineurs l'appelaient « *fonte de Malachowska*, » on en retirait le minerai de plomb en grands blocs; la statue de la Sainte-Barbe que l'on voit à l'église de Karczowka est taillée dans du minerai provenant de l'exploitation de ces filons. Elle a 3 pieds de hauteur sur 2 pieds de largeur et 1 et demi pied d'épaisseur.

Pusch remarque qu'en prenant en considération la matière qui remplit ces filons il les faudrait diviser en deux classes, savoir : ceux qui sont remplis par de l'argile rouge et qui ne contiennent que du spath calcaire, du sulfure et du carbonate de plomb ; c'est la nature des filons que nous voyons près de Kielce, de Bialogon, de Szczukowice et de Jaworzno, et ceux qui renferment principalement outre les minerais cités tout à l'heure, du spath pesant et un peu de minerai de cuivre ; nous rencontrons ces derniers filons près de Chenciny. D'après ce que j'ai pu vérifier, les premiers filons appartiennent exclusivement au calcaire que j'ai nommé « calcaire à polypes ; » les seconds, au calcaire que j'ai nommé « calcaire à Atrypa reticularis. » La présence du minerai de cuivre dans ces filons n'est pas très-extraordinaire car dans certains endroits, comme nous l'avons vu, le calcaire lui-même contient du cuivre, tandis que le calcaire à polypes ne contient que du minerai de plomb.

En examinant les anciens travaux exécutés dans le but d'exploiter du plomb, nous venons à nous demander si les anciennes mines abandonnées, doivent être regardées comme épuisées, ou si au contraire elles peuvent encore faire un objet d'exploitation. Suivant l'état de choses actuel, il n'est pas facile de répondre avec certitude à cette question; nous avons cependant des données qui nous permettent de l'apprécier du moins approximativement.

Les filons les mieux connus et les plus riches sont ceux qui traversent le calcaire à polypes. Dans les endroits où

j'ai pu examiner ces filons, j'ai remarqué que chaque fois qu'ils entrent dans le calcaire à Atrypa reticularis ils perdent leur richesse. Je pense donc que partout où les anciens travaux ont atteint ce calcaire, il est douteux qu'on puisse renouveler l'exploitation avec succès. C'est tout à fait le contraire pour le minerai de cuivre, car suivant moi, ce minerai doit être exclusivement cherché dans le calcaire à Atrypa reticularis. Le calcaire à polypes contient outre les minerais cités plus haut des amas irréguliers de fer hydraté. Les mines les plus renommées de ce minerai sont situées dans les environs de Miedziana-góra, de Szydlowek et de Dombrowa, près de Kielce. Il n'est pas facile non plus de reconnaître si ces minerais de fer doivent être regardés comme appartenant à la formation dévonienne, ou si au contraire ils ont été déposés plus tard dans des fentes du calcaire dévonien.

De toutes les mines citées, une seule était en activité pendant que je faisais la carte, c'était la mine de Sigismond, près de Miedziana-gora. Le minerai de fer ne forme pas ici une couche que l'on pourrait regarder comme appartenant à la formation dévonienne; mais au contraire, il forme une masse irrégulière qui remplit les fentes du calcaire dévonien; c'est pour cette raison que je pense que le minerai est beaucoup plus récent que les roches encaissantes. Ce minerai de fer est assez riche et donne une fonte excellente pour les coulées, mais très-mauvaise pour les laminoirs et les forges, car ce minerai contient du phosphore, ce qui lui donne souvent une couleur bleuâtre à la surface. En général les minerais de fer de la formation dévonienne ont peu de valeur pour l'industrie, d'autant plus que la contrée en question possède beaucoup de minerais de fer dans les formations plus récentes, qui ont plus de valeur sous le rapport industriel.

Calcaire à crinoïdes.

—Sur la surface comprise par ma carte le calcaire à cri-

noïdes présente des affleurements qui forment des bandes assez étroites et en général très-peu développées. Nous voyons les premiers de ces lambeaux au nord de Chenciny près de Zaionczki, d'où ils se prolongent jusqu'à Galenzice. Du côté du midi ce calcaire couvre distinctement le calcaire à polypes, et du côté du nord il est recouvert par des alluvions. Au nord de Kielce près de Kostomloty, ce calcaire forme de nouveau une petite chaîne de monticules; ici aussi, du côté du midi, il recouvre le calcaire à polypes, et du côté du nord, il se cache sous les alluvions.

Ce calcaire forme la couche la plus récente de notre formation dévonienne, je l'ai nommé calcaire à crinoïdes parce qu'il contient une grande quantité de tiges cassées de crinoïdes, qui, quoique mal conservées, démontrent cependant que ce fossile est très-abondant dans le calcaire mentionné.

Caractère minéralogique. — Le calcaire dont je parle maintenant ne diffère en rien, sous le rapport minéralogique, du calcaire à polypes.

Caractère paléontologique. — Je n'ai trouvé que deux espèces de fossiles dans le calcaire à crinoïdes, mais ils s'y montrent en grande abondance. Un de ces fossiles, du genre des Brachiopodes, c'est la *Terebratula Puschiana* (Pander). J'ai rencontré le plus de ces fossiles près de Promniki où le calcaire à crinoïdes est recouvert par le grès rouge. Ce fossile est très-difficile à déterminer, ordinairement il ne dépasse pas la grandeur d'un gros pois, outre cela il est fortement enclavé dans la roche et ne se laisse pas facilement détacher sans rupture, cependant après avoir comparé mes échantillons avec ceux que j'ai apportés de Pétersbourg et que M. le colonel Jerofeieff a bien voulu me donner, je me suis persuadé que c'était bien le même, qu'on rencontre en très-grande abondance dans les environs de Toula, en Russie, où ils appartiennent aussi aux couches supérieures de la formation dévonienne, et là ils sont de

même accompagnés de fragments de crinoïdes. Ce dernier fossile rencontré aussi en grande abondance dans le calcaire en question n'est pas non plus facile à déterminer; j'ai trouvé cependant dans un échantillon, le calice qui bien que mal conservé, paraît appartenir au genre *Atocrinus* (M. Coy) (Pictet, Pl. CI, *fig.* 17). Le calcaire à crinoïdes finit l'époque dévonienne dans la contrée que je décris, ainsi que celle des rochers nommés autrefois terrains de transition.

Pusch a encore réuni à cette formation les conglomérats calcaires, mais je tâcherai de démontrer qu'ils appartiennent à une autre formation.

FORMATION PERMIENNE.

Dans la contrée embrassée par ma carte, la formation permienne est représentée par les roches suivantes :

1. Conglomérats calcaires.
2. Grès rouge.
3. Calcaire jaune cristallin.

Ce calcaire est tout à fait le même que j'ai rangé à la formation permienne dans la carte géognostique de la formation houillère du midi de la Pologne. Outre les rochers cités, c'est à cette formation qu'appartient le calcaire des environs de Kaietanow, dans lequel M. Kosinski a trouvé le productus horridus. Je ne fais pas la description de ce calcaire parce qu'il n'entre pas dans le cadre de ma carte.

Conglomérats calcaires.

Limites des conglomérats calcaires. — Pusch en rangeant les conglomérats calcaires dont je parle maintenant, à la formation de transition, dit qu'on éprouve cependant un certain doute sous ce rapport, causé par la stratification même des calcaires, et il dit que ces derniers occupent, presque partout, les points les plus bas de la contrée, en entourant les montagnes formées par le calcaire de la formation dévonienne. On pourrait donc en con-

clure que ce calcaire est plus récent que celui qui constitue les montagnes. Cette description est complétement d'accord avec l'état actuel des choses; et, en effet, nous ne rencontrons nulle part des conglomérats calcaires au sommet des montagnes, nous ne les voyons que dans les vallées qu'ils remplissent, ayant une stratification à peu près horizontale, tandis que dans les couches qui forment les montagnes nous trouvons des pentes très-fortes et une stratification diversement fracturée. C'est de cette manière que les conglomérats calcaires remplissent les vallées au midi de Chenciny, se prolongeant par Brzeziny et Radkowice jusqu'à Chenciny. Au nord de ce dernier endroit, les conglomérats calcaires remplissant les vallées près de Bolechowice, de Sitkowka, et passant par Galenzice se continuent jusqu'à Zaïonczki. Plus loin, vers le nord, près de Kielce, les conglomérats calcaires couvrent les vallées entre Karczowka, Janòw, Laziska et Rykoszyn. Dans tous ces endroits on voit distinctement que les conglomérats calcaires sont recouverts par le grès rouge; cependant près de Galenzice, j'ai trouvé des affleurements où les conglomérats calcaires recouvrent le grès rouge, et où celui-ci recouvre à son tour les conglomérats.

Caractère minéralogique. — Les conglomérats calcaires sont composés de fragments de calcaire à Atrypa reticularis et de calcaire à polypes. Ces fragments, plutôt anguleux qu'arrondis, sont si fortement soudés entre eux par un ciment calcaire qu'ils forment une masse compacte de laquelle les fragments ne se détachent pas. Cette forte agglutination permet de travailler et de polir les conglomérats calcaires, sans craindre de désunir les parties qui les composent, aussi sont-ils employés pour la fabrication de différents objets en marbre. La colonne de Sigismond III à Varsovie est faite avec cette espèce de marbre. Pusch dit que les conglomérats calcaires se sont déposés dans l'endroit même où les roches qui les composent se sont bri-

sées en morceaux, et il arrive à cette conclusion par une observation faite sur la forme des morceaux qui composent les conglomérats calcaires ; car, en les trouvant plutôt anguleux qu'arrondis, il suppose qu'ils n'ont pu être transportés d'une grande distance, vu que dans ce cas, les fragments auraient nécessairement une forme arrondie. Je pense que la meilleure preuve que nous puissions avoir, que les conglomérats calcaires se sont formés de fragments détachés de rochers très-peu éloignés, c'est la proximité des rochers eux-mêmes qui ont fourni les fragments composant ces conglomérats; en effet, ces rochers se trouvent tout près des endroits où ces conglomérats se sont déposés. Tout cela ne démontre cependant pas que les conglomérats doivent appartenir aux anciennes formations de transition, comme le croyait le savant professeur ; mais au contraire, cela prouve plutôt que ces conglomérats se sont déposés après la formation du calcaire qui forme les montagnes principales, c'est-à-dire, après la formation dévonienne, et qu'ils ont pris naissance dans d'autres conditions.

Caractère paléontologique. — Dans les fragments isolés qui composent les conglomérats calcaires, nous rencontrons des fossiles qui caractérisent les calcaires ayant fourni les matériaux des conglomérats ; mais ces fossiles ne nous apprennent rien sur l'âge relatif de la roche elle-même.

Grès rouge. — J'ai déjà dit plus haut, qu'en général les conglomérats calcaires sont recouverts par le grès rouge; ce grès dans la contrée embrassée par ma carte se développe assez distinctement.

Limites du grès rouge. — Dans la contrée que je décris le grès rouge présente plusieurs affleurements séparés. Le premier système de ces affleurements est le plus avancé vers le midi : il commence dans les environs de Bocheniec, passe près de Malogoszcz et se prolonge jusqu'à Gieule. Ces affleurements diffèrent des autres, en ce que le grès rouge recouvre immédiatement la roche quartzi-

fère de la formation silurienne comme nous l'avons dit plus haut, on pourrait donc supposer que la formation dévonienne assez développée dans les environs de Chenciny et de Kielce disparaît ici. Un second affleurement du grès rouge commence à Brzeziny, passe par Wrzosy, Korzecko, Charczow, Miedzianka et se prolonge jusqu'à Zaïonczki. Dans cette ligne d'affleurements le grès rouge recouvre presque partout les conglomérats calcaires. En avançant encore plus au nord, le grès rouge se montre sur une surface assez étendue près de Zeleïowa, Rykoszyn, Laziska, Jaworzno, Romanow, Micigozd et se prolonge jusqu'à Promnik, ici cependant le grès rouge ne forme pas de chaînes de monticules, au contraire, il recouvre les vallées. En général dans la partie septentrionale de la contrée que je décris, le grès rouge est plus répandu que dans la partie méridionale.

Caractère minéralogique. — Ordinairement le grès rouge est d'une couleur rouge prononcée, ce n'est que dans les environs de Bolmin que je l'ai trouvé presque blanc. Ce grès rouge, d'un grès à grains fins, se transforme en conglomérats dans lesquels les grains arrondis atteignent la grosseur d'une noisette. Dans le grès à grains fins, qui est en général d'une faible consistance, nous voyons presque toujours de petites taches blanches, Pusch les a considérées comme des traces de feldspath décomposé.

Dans les environs de Rykoszyn de Piékoszow et de Promnik, nous rencontrons très-fréquemment des marnes rouges qui résultent de la décomposition du grès rouge. Ces marnes rouges répondent exactement à celles qui au bord du bassin houiller du midi de la Pologne se montrent presque partout, et sont recouvertes par la formation triasique. En faisant la carte géognostique de la formation houillère de la Pologne, j'ai aussi rangé ces marnes dans la formation permienne.

Caractère paléontologique.—Notre grès rouge ne contient pas de fossiles, au moins dans la contrée que j'ai examinée.

Calcaire jaune cristallin. — Près des limites du grès rouge et du calcaire conchylien, nous rencontrons dans quelques points un calcaire de couleur jaune à cassure cristalline et lamellaire. Ce calcaire répond aussi tout à fait à celui qu'au midi de la Pologne j'ai rangé dans la formation permienne.

Le calcaire jaune cristallin ne se montre sur la surface comprise dans ma carte que dans les environs de Piekoszow et de Rykoszyn, où il est recouvert par le calcaire conchylien de la formation triasique. (Pl. III.)

Caractère minéralogique.—Le calcaire cristallin est presque toujours jaune; il ne prend que rarement la couleur rouge; sa cassure est cristalline et son aspect lamellaire. Ce calcaire, très-répandu au midi de la Pologne, a été longtemps réuni, à cause de sa couleur, au calcaire dolomitique; c'est pour cette raison qu'on a fait inutilement des recherches dans ce calcaire pour la calamine. Il ne contient pas même de traces de carbonate de magnésie; il est au contraire un carbonate de chaux pur, contenant un peu de fer, qui contribue à lui donner sa couleur. Le calcaire mentionné ne se présente jamais régulièrement stratifié, ni à Piekoszow ni à Dombrowa dans le midi de la Pologne, mais il se montre en masses irrégulières; c'est pour ce motif qu'il présente beaucoup de difficultés pour ouvrir des carrières, et qu'on ne l'emploie jamais pour la fabrication de la chaux.

Caractère paléontologique. — Le calcaire mentionné ci-dessus ne contient pas des fossiles; c'est en cela que consiste la différence très-prononcée qui existe entre lui et le calcaire conchylien qui le recouvre. Le calcaire jaune cristallin termine dans la contrée que je décris le groupe paléozoïque.

Observations générales.

J'ai déjà dit que la roche quartzifère ou quartzite forme dans la contrée en question la roche la plus ancienne du

groupe paléozoïque, et elle représente véritablement l'assise de toutes les autres couches qui dépendent de formations plus récentes. C'est à cette roche qu'appartiennent les montagnes les plus élevées de ladite contrée et en même temps de toute la Pologne, comme celles de Sainte-Croix et de Lysica. Dans les limites embrassées par ma carte (Pl. III), le point le plus élevé est situé au nord de Kielce près de Maslow; c'est la montagne nommée Strzyzowka: son sommet est à 1.549 pieds russes au-dessus du niveau de la mer. Les autres sommets dont j'ai déterminé la hauteur sont:

Le sommet de la montagne près de Malogoszcz, 1.102 pieds russes.

Le sommet de la montagne près de Miedziana Gora, 1.305 pieds russes.

J'ai déterminé ces hauteurs, ainsi que celles qui seront citées ensuite par une triangulation, en prenant pour point de départ, le point principal de la triangulation de toute la Pologne faite par le général Tenner.

Si nous portons notre attention sur les chaînes de montagnes quartzifères situées au nord de Kielce, nous verrons que cette direction est à peu près parallèle à la ligne verticale du méridien de Varsovie; de plus cette direction répond de nouveau à la chaîne principale des montagnes de Sainte-Croix. Quoique la surface embrassée par la carte soit peut-être trop petite pour déterminer des soulèvements de montagnes, nous pouvons cependant distinguer dans ses limites deux directions de soulèvements, au nord une direction presque perpendiculaire au méridien de Varsovie, et dans la partie du midi une direction qui forme avec la ligne perpendiculaire au méridien de Varsovie un angle d'environ 37° E.-S.-O.-N. Cette élévation a déjà soulevé les couches qui appartiennent à la formation jurassique. Cette dernière direction est parallèle au système principal des montagnes jurassiques du midi de la Pologne, et elle est en même temps parallèle à presque toutes les chaînes princi-

pales jusqu'au pied des Carpathes. Il est impossible de déterminer la puissance de la roche qui constitue la formation silurienne, car nous ne savons pas sur quelles roches cette formation repose.

Quant aux roches qui représentent la formation dévonienne, leur puissance prise ensemble monte près de Chenciny à 500 pieds russes; et en prenant la moyenne de cette puissance, nous pouvons l'estimer à 400 pieds russes.

Pusch a déterminé la puissance des calcaires qu'il range aux formations de transition dans plusieurs points, en prenant cependant la même inclinaison sur une grande étendue; il est parvenu à des résultats extrêmement différents de ceux que je présente: ainsi, par exemple, il donne aux calcaires en question, près de Chenciny, une puissance de 7.848 pieds parisiens, et près de Kielce il a estimé cette puissance à 12.564 pieds parisiens.

Un coup d'œil jeté sur le profil joint à la carte géognostique nous explique le mieux la cause de cette différence. En déterminant l'élévation des différents points de la formation dévonienne, j'ai obtenu les résultats suivants.

Le point le plus élevé près de Chenciny où j'ai fait construire une pyramide de triangulation est de 1.167 pieds russes.

Le point le plus élevé près de Miedziana Gora, 1.165 pieds russes.

Le point le plus élevé près de Skiby, 1.218 pieds russes.

Kielce, la place près de la cathédrale (plate-forme de ladite place), 918 pieds russes.

Le sommet de la montage de Karczowka, 1.081 pieds russes.

Le sommet de la montagne de Chelmce, 988 pieds russes.

Si nous voulons observer la direction des chaînes de montagnes dévoniennes, nous parviendrons aux résultats que j'ai obtenus en parlant des montagnes quartzifères; par exemple, si nous prenons les chaînes de montagnes dévoniennes qui passent par Kielce, Karczowka, Janow,

Jaworzno, et qui s'étendent jusqu'à Galenzice, nous verrons que la direction de ces chaînes fait avec la ligne perpendiculaire au méridien de Varsovie un angle de 8° O.-S.-E.-N. Cette direction diffère donc très-peu de celle des montagnes quartzifères situées au midi de Kielce, et elle est plus sûre que cette dernière, car elle est plus longue et en même temps plus éloignée de la direction des montagnes du midi de la contrée. On peut, par conséquent, considérer cette direction comme parallèle aux chaînes principales de montagnes, situées au nord et au sud de Kielce. Si nous prenons maintenant la direction des montagnes dévoniennes qui passent par Chenciny, nous voyons de nouveau que cette direction est parallèle à la direction des montagnes quartzifères situées près de Malogoszcz. Si nous prenons la direction moyenne des montagnes dévoniennes près de Kielce, et si nous déterminons aussi la direction des montagnes dévoniennes qui passent près de Chenciny, nous obtiendrons deux lignes de directions qui se couperont dans les environs de Miedzianka, en formant un angle d'environ 45° comptant du nord à l'est.

Sur la formation dévonienne repose immédiatement, comme je l'ai dit, la formation permienne; il manque donc ici la formation houillère, qui par contre est assez largement développée dans le sud de la Pologne. On peut supposer que cet état de choses se prolonge plus loin au nord; car en jetant un coup d'œil sur la carte géognostique de la Russie, faite par le général Helmersen, nous voyons qu'en passant un large lambeau de formations plus récentes, nous rencontrons de nouveau la formation dévonienne qui se montre immédiatement au-dessous des formations plus récentes près d'Orel, de Mohileff, de Memel, de Widji; ce n'est que de l'autre côté d'un large lambeau, couvert par la formation dévonienne, que nous rencontrons la formation houillère représentée par les calcaires de cette formation dans les environs de Toula, de Kozielsko

et de Wielikie-Luki. On peut donc supposer que sur cette zone large de 800 verstes et qui s'étend à l'ouest jusqu'à la mer Baltique, et à l'est jusqu'aux rochers granitiques qui se montrent près des marais de Pinsk, il manque la formation houillère ou, autrement dit, les rochers dévoniens, à l'époque de la formation houillère, étant restés découverts sur toute la surface indiquée tout à l'heure, ne recevaient pas les dépôts de la mer houillère et ne prenaient pas part au développement de la végétation qui s'est plus tard si richement développée sur les assises de la mer houillère, en formant les couches supérieures de cette formation, presque partout si importante pour l'industrie.

J'ai déjà dit plus haut que le grès rouge de la formation permienne repose immédiatement sur la roche quartzifère (quartzite) de la formation silurienne; je n'ose cependant pas admettre que cet état de choses se prolonge plus loin au sud-ouest de la Pologne; car, dans ce cas, on pourrait supposer que la formation dévonienne, dans les environs de Chenciny, représente les bords de la mer dévonienne : le manque de crinoïdes, qu'on ne rencontre que dans les environs de Kielce, justifie un peu cette supposition; et, dans ce cas, toutes les couches plus récentes du midi de la Pologne reposeraient sur celles de la formation silurienne. Pusch, en trouvant une ressemblance entre la formation de transition de la Pologne et les formations correspondantes des autres pays de l'Europe, a supposé que notre formation dévonienne des environs de Kielce et de Chenciny, recouverte par des formations plus récentes, se prolonge jusqu'à Breslau où elle se montre de nouveau à la surface. Nous avons dans chaque cas trop peu de données pour résoudre cette question avec sûreté.

En mesurant la distance la plus courte des affleurements de notre formation dévonienne et silurienne aux endroits où les mêmes formations se montrent de nouveau à la surface, nous trouvons une distance qui est à peu près de 180

verstes; c'est la distance de la contrée dont nous nous occupons jusqu'à Troppau (Silésie autrichienne). La formation la plus ancienne qui affleure sur cette surface, c'est la formation houillère; cependant nous ne savons pas jusqu'à présent sur quels roches cette formation repose, car tous les sondages exécutés n'ont atteint que les calcaires de la formation houillère.

Dans la contrée dont je présente la carte, le grès rouge est le représentant principal de la formation permienne. Ce grès est beaucoup moins développé dans ladite contrée qu'au nord, en dehors du cadre de ma carte; c'est pour cette raison que les montagnes qui appartiennent au grès rouge n'offrent pas ici de direction nettement prononcée. Au sud de Chenciny, la direction des affleurements du grès rouge est visiblement dépendante des soulèvements par lesquels non-seulement les couches de grès rouge, mais en même temps celles de la formation jurassique ont été soulevées. Au nord de Kielce, le grès rouge ne forme presque pas de monticules, mais il recouvre les vallées en entourant les collines du calcaire dévonien. Hors du cadre de ma carte, en avançant vers le nord, le grès rouge se développe très-largement et forme des monticules assez élevés. J'ai déterminé la hauteur de plusieurs de ces points, qui sont :

La montagne de Dobrzeszow, où j'ai fait construire une pyramide de triangulation.	1.033 pieds russes, au-dessus du niveau de la mer.
La montagne de Raszeïowka, où la pyramide du général Tenner a été construite.	1.237 pieds russes.
La montagne de Bobrza	927 pieds russes.
La montagne Barania-gora près de Bobrza. .	1.163 pieds russes.

Je ne détermine pas la direction de ces monticules, car ils n'entrent pas dans le cadre de ma carte, et outre cela encore, je n'ai pas examiné en détail la contrée où ils se trouvent; c'est aussi pour la même cause que je ne puis pas estimer la véritable puissance de la formation per-

mienne. Dans la contrée embrassée par ma carte, cette puissance ne dépasse pas 150 pieds russes; mais en avançant vers le nord où le grès rouge s'est distinctement développé, cette puissance sera sensiblement plus grande.

En parlant de la direction des montagnes, j'ai déjà dit que dans la contrée que je décris, on distingue deux directions de montagnes, et principalement au midi de Chenciny une direction qui, avec la ligne perpendiculaire au méridien de Varsovie, forme un angle de 37° E.-S.-O.-N. Cette direction, réduite au méridien de Paris, répond à peu près au soulèvement que M. E. de Beaumont désigne sous le nom de système des Pyrénées. Nous savons que ce soulèvement a relevé les couches qui appartiennent à la formation appelée par A. d'Orbigny formation suessonienne, qui forme déja une partie des terrains tertiaires.

Il est beaucoup plus difficile de déterminer à quelle époque on doit rapporter le soulèvement des chaînes de montagnes au nord de Chenciny; j'ai indiqué pour ces chaînes une direction de 8° O.-S.-E.-N. De plus on remarque que les conglomérats calcaires et le grès rouge ne recouvrent dans cette contrée que les vallées des montagnes de la formation silurienne et dévonienne. On devrait donc supposer que le soulèvement des montagnes a eu lieu ici entre la formation permienne et la formation dévonienne, et dans ce cas ce soulèvement devrait appartenir au système appelé par M. E. de Beaumont, système des Ballons; mais la direction que j'ai indiquée ne répond pas à la direction de ce système.

FORMATION TRIASIQUE.

Calcaire conchylien. — Dans beaucoup de points, le grès rouge est visiblement recouvert par le calcaire conchylien, qui est ici le seul représentant de la formation triasique; en général ce calcaire est ici beaucoup moins développé que dans le midi de la Pologne.

Limites du calcaire conchylien. — Dans la contrée que je décris, le calcaire conchylien affleure à la surface dans deux minces lambeaux isolés; il se montre premièrement à Bocheniec près de Nida, passe par Malogoszcz et se prolonge jusqu'à Ciesle; ensuite il se montre près de Brzeziny au bord de la rivière Nidzica, passe par Podzamcze au sud de Chenciny, Korzecko, Polichno, Podpolichno et va jusqu'à Ruda. Ces deux lambeaux sont visiblement dépendants de la direction des montagnes au midi de Chenciny. Plus loin au nord, le calcaire conchylien ne forme plus dans cette contrée de chaînes de monticules qui aient une direction marquée, mais il recouvre seulement le grès rouge sur des surfaces isolées, et c'est comme cela que nous le rencontrons près de Rykoszyn, Piekoszow, Kamieniec et Promniki.

Caractère minéralogique. — Le calcaire conchylien de cette contrée ne diffère en rien de celui du midi de la Pologne et de la haute Silésie, où il est beaucoup plus développé. Il a une cassure conchoïdale, et est d'une couleur gris clair; il contient un peu plus de fer et d'argile que celui du midi de la Pologne et de la haute Silésie, et prend exceptionnellement un cassure saccharoïde comme par exemple près de Malogoszcz et de Chenciny. A Piekoszow on trouve dans ce calcaire des petits grains de sulfure de plomb et de pyrite de fer. Comme ce cas se présente souvent, on a pensé que ce calcaire pourrait être exploité pour plomb.

Caractère paléontologique. — Sur la petite surface que le calcaire conchilien occupe dans la contrée en question, j'ai trouvé des fossiles qui ne laissent aucun doute sur la formation à laquelle ce calcaire doit être rapporté.

Gastéropodes.

Turbonita scalata (Bronn, Leth. 77, Pl. 11, *fig.* 14); Chemnitzia (d'Orbigny), Turritella scalata (Schlotzheim).

M. Zeiszner cite ce fossile près d'Olkusz ; je l'ai trouvé près de Kamienietz, vers Malogoszcz.

Acéphales.

Panopea musculoïdes (d'Orbigny, prodrome), Myacites musculoïdes (Schlot). Pusch cite ce fossile à Sielce, au midi de la Pologne; je l'ai trouvé à Podzamcze, près de Piekoszow.

Lima striata (Goldfuss, Petref. germ.) ; Plagiostoma, *id.* (Soverby) : Pusch le cite dans plusieurs endroits du midi de la Pologne, et dans les environs de Chenciny et de Kielce. Je l'ai trouvé à Brzeziny et à Polichno.

Du genre des Mytilidés, j'ai trouvé un fossile que je n'ose pas déterminer d'une manière décisive ; il appartient peut-être à Mytilus vetustus (Goldfuss), (Pictet, t. III, p. 578; atlas, Pl. XXXI, *fig.* 3). Je l'ai trouvé près de Kamieniec.

Pecten discites (Bronn). Pusch et M. Zeiszner citent ce fossile dans plusieurs endroits; je l'ai rencontré assez fréquemment près de Piekoszow et de Podzamcze.

En parlant des fossiles, je ne dois pas passer sous silence un fossile cité par Pusch dans le calcaire conchylien du midi de la Pologne, qu'il place parmi les Vermiculites. Ce fossile, dont la nature est jusqu'à présent peu connue des paléontologues, se trouve en général moins fréquemment dans la contrée que je décris que dans le midi de la Pologne; mais on le rencontre souvent près de Piekoszow.

Dépôts métalliques.— Dans la contrée embrassée par ma carte, le calcaire conchylien ne renferme pas des minerais qui pourraient être exploités avec succès. En allant plus loin au nord, hors des limites de ma carte, nous trouvons dans ce calcaire du minerai de fer hydraté de la même qualité que celui que nous voyons au midi de la Pologne et dans la haute Silésie, où ce minerai alimente principalement l'industrie du fer qui est très-développée dans ces contrées.

Observations générales.

Le calcaire conchylien affleure à la surface, comme je l'ai dit plus haut, dans les environs de Malogoszcz et de Chenciny, en formant des lambeaux qui dépendent visiblement des soulèvements que j'ai rapportés au système des Pyrénées. Le calcaire conchylien forme au nord de Kielce des groupes isolés qui n'ont pas de direction marquée, et le même calcaire forme dans ces contrées des couches presque horizontales, de sorte que les petites différences du niveau présentées par ce calcaire peuvent être envisagées plutôt comme des contournements occasionnés par l'action de l'eau que comme de véritables soulèvements. Le point le plus élevé des collines de cette espèce se trouve à Piekoszow, où l'église du village est située. La hauteur de ce point est de 920 pieds russes au-dessus du niveau de la mer. Dans les environs de Malogoszcz, de Chenciny et de Miedzianka, où le calcaire conchylien recouvre le grès rouge, et où il est recouvert par les couches appartenant à la formation jurassique, la puissance de ce calcaire est facile à déterminer; elle ne dépasse pas 70 pieds russes. Au nord de Chenciny, où le calcaire conchylien affleure à la surface, dans des groupes isolés entourés par des alluvions, il n'est pas aussi facile de déterminer sa puissance, car on ne voit pas la roche sur laquelle il repose : je pense cependant que la puissance de ce calcaire ne dépasse pas la puissance indiquée ci-dessus.

Dans la contrée que je décris, je n'ai pas trouvé de crinoïdes dans le calcaire conchylien, tandis que dans le midi de la Pologne et dans la haute Silésie ils sont très-abondants dans ce calcaire. Pusch dit que dans la contrée dont je présente la carte, les crinoïdes sont beaucoup plus rares que dans le midi de la Pologne; il ajoute cependant que dans les environs de Malogoszcz il a trouvé deux échantil-

lons de crinoïdes et même un calice. Il cite aussi dans le même endroit : Ammonites planulatus (Schlot) et Belemnites paxilosus. J'ai dit plus haut que je mentionne seulement les fossiles qui ont été extraits du rocher même par moi, ou en ma présence par les élèves des mines ; c'est pour cette raison que n'ayant pas trouvé des crinoïdes, je n'en cite pas.

Quant aux Bélemnites et aux Ammonites citées par Pusch, je suis complétement convaincu que ces fossiles appartiennent à la formation jurassique, formation qui, dans les environs cités par lui, recouvre notre calcaire conchylien en se séparant d'une manière très-prononcée.

Si, dans la contrée en question, le calcaire conchylien ne renferme réellement pas des crinoïdes, on pourrait supposer que les environs de Kielce, de Chenciny et de Malogoszcz peuvent être considérés comme les points littoraux de la mer triasique qui s'appuyait sur les roches paléozoïques, tandis qu'au contraire le calcaire conchylien du midi de la Pologne et de la haute Silésie peut être envisagé comme appartenant à des contrées faisant partie de la mer profonde de l'époque triasique ; et c'est sans doute par cette raison que le calcaire conchylien est beaucoup plus développé dans cette dernière contrée. Cette supposition est un peu justifiée par le manque complet de la formation triasique dans le centre et le nord de la Russie.

FORMATION JURASSIQUE.

Au midi de Chenciny, le calcaire de la formation triasique est recouvert immédiatement par la formation jurassique qui affleure à la surface, en formant une chaîne de montagnes presque en ligne droite, qui commence au village de Nida, près de Nidzica, et s'étend jusqu'à Gniezdziska. Cette chaîne a une longueur de 26 verstes ; sa direction forme, comme je l'ai dit plus haut, avec la ligne

perpendiculaire au méridien de Varsovie, un angle de 37° E.-S.-O.-N. Il serait bien difficile de trouver une contrée où l'on pourrait plus facilement déterminer la succession des couches, que celle où se montre le système de montagnes dont je viens de parler ; c'est pour cela que la détermination en détail de cette stratification offre beaucoup d'intérêt, car elle jette de la lumière sur la succession des couches jurassiques dans presque toute la Pologne. En examinant la succession des couches jurassiques dans la contrée que je décris, on arrive à conclure que dans cette contrée la formation jurassique se partage en trois assises, qui se font nettement distinguer, savoir :

1. L'assise la plus ancienne qui recouvre immédiatement le calcaire conchylien de la formation triasique. Cette assise est formée d'un calcaire gris clair dans lequel nous trouvons en grande abondance les Ammonites et les Bélemnites ; c'est pour cette raison que je l'appelle calcaire à Ammonites.

2. Sur le calcaire à Ammonites repose un calcaire blanc, dans lequel disparaissent presque les mollusques du genre Céphalopodes, et ils sont remplacés par les Brachiopodes, et principalement par le genre Térébratules ; c'est pour quoi je l'appelle « calcaire à Térébratules. »

3. L'assise jurassique la plus récente est formée par un calcaire oolithique, dans lequel nous trouvons plus d'Acéphales que dans les deux couches précédentes. Je nomme ce calcaire « oolithique, » parce que sa structure oolithique le fait clairement distinguer des précédents. C'est dans cet ordre que je décrirai les trois assises de la formation jurassique dans les chaînes des montagnes situées au midi de Chenciny.

Calcaire à Ammonites. — Dans la contrée dont je présente la carte, le calcaire à Ammonites affleure à la surface dans deux lambeaux ; le premier, le plus étendu, commence à Nida, passe par Podzamcze, Korzecko, Mlynki et s'étend

jusqu'à Gniezdziska. Dans ces zones d'affleurement le calcaire à Ammonites s'incline partout vers le midi et partout il recouvre le calcaire conchylien de la formation triasique. Nous voyons le second lambeau de calcaire à Ammonites près de Malogoszcz ; ici cependant ce calcaire forme un lambeau qui n'a pas plus d'une verste et demie de longueur, il recouvre aussi le calcaire conchylien, mais il s'incline vers le nord, inclinaison qui répond à celle du calcaire conchilien.

Caractère minéralogique. — Notre calcaire à Ammonites est en général d'une couleur jaune clair et à cassure saccharoïde ; il contient une assez grande quantité de silice et d'argile. J'ai rencontré près de Polichno, dans le calcaire à Ammonites, du silex en grande abondance qui entre dans le calcaire sous forme de racines. Les rameaux de ces racines ont quelquefois 2 pouces de diamètre. Il n'est pas facile de résoudre la question de savoir si nous devons considérer ces restes comme des traces de Belemnites détruites et courbées, ou comme d'autres restes organiques, ou enfin si nous devons les regarder comme des simples stalactites.

Caractère paléontologique.

Céphalopodes.

1. Belemnites canaliculatus (Quenstedt der Jura p. 411, Pl. LVI, *fig.* 6). C'est sans doute la Belemnite que Pusch a rangée au calcaire conchylien de la formation triasique. Cette Belemnite est très-commune dans notre calcaire, et nous la rencontrons presque partout où les affleurements du calcaire à Ammonites sont visibles.

2. Ammonites Parkinsoni planulatus (Quenstedt der Jura, p. 470, Pl. LXIII, *fig.* 8) ; j'ai trouvé ce fossile dans les environs de Podzamcze.

3. Ammonites convolutus, ornati (Quenstedt, p. 541, Pl. LXXI, *fig.* 9). On rencontre beaucoup moins fréquem-

ment ce fossile que le précédent; je l'ai trouvé dans les environs de Brzeziny.

4. Ammonites flexuosus (Quenstedt, p. 531, Pl: LXX, *fig.* 13); j'ai rencontré ce fossile dans les environs de Gniezdzisko.

5. Ammonites hecticus compressus (Quenstedt, p. 546, Pl. LXXII, *fig.* 8); je l'ai trouvé près de Brzeziny.

Acéphales.

6. Trigonia costata (Pusch, Polens Paléontologie, Pl. VII, *fig.* 1); j'ai rencontré ce fossile à Malogoszcz.

7. Panopaea elongata (Agassiz). Panapaea subelongata (d'Orbigny). (Pictet, T. III, p. 365, atlas, planche LXXII, *fig.* 4.) Myacites jurassi (Quenstedt). J'ai trouvé ce fossile à Malogoszcz et à Brzeziny.

Brachiopodes.

8. Du genre des Brachiopodes je n'ai observé qu'un seul fossile, et encore mal conservé; il parait appartenir au genre Terebratula intermedia (Quenstedt, p. 419, Pl. LVII, *fig.* 23).

En réunissant les fossiles cités et en prenant les divisions de la formations jurassique de M. Quenstedt dans son ouvrage intitulé « Der Jura », nous arrivons à trouver que de huit fossiles cités, quatre caractérisent le groupe que Quenstedt appelle brun δ, un fossile caractérise le Jura brun ε et trois appartiennent au Jura brun ζ; il parait donc que notre calcaire est le plus rapproché du Jura brun δ de Quenstedt.

Observations générales.

En général, nous trouvons le calcaire à Ammonites au pied des montagnes sur les sommets desquelles sont déposées les formations jurassiques plus récentes, dont je parlerai plus loin. La puissance du calcaire à Ammonites est

faible; ordinairement elle ne depasse pas 70 pieds russes.

Calcaire à Térébratules. — Le calcaire à Ammonites est presque partout récouvert par le calcaire que j'ai nommé calcaire à Térébratules; c'est ainsi que nous rencontrons ce dernier dans tout le système de monticules de Nida jusqu'à Brzeziny.

Limites du calcaire à Térébratules. — Le calcaire à Térébratules commence près du village de Nida (situé près de la rivière de Nidzica), passe par Staro-Chenciny, Mosty, Podpolichno, Miedzianka et, se prolonge jusqu'à Gniezdziska. En examinant ces lambeaux, nous voyons que près de Mosty et de Milachowa, le calcaire à Térébratules quitte la direction générale et forme deux petites chaînes de monticules, qui ont à peu près deux verstes de longueur et une direction presque parallèle au méridien de Varsovie. Il faut observer que dans les environs de Malogoszcz le calcaire oolithique supérieur repose immédiatement sur le calcaire à Ammonites, et qu'il manque ici le calcaire à Térébratules, ce qui fait une exception à la règle générale de la stratification dans tout le système de montagnes jurassiques de la contrée.

Caractère minéralogique. — Le calcaire à Térébratules est blanc, il a une cassure compacte, inégale; c'est presque du carbonate de chaux pur; autrefois on l'appelait à tort calcaire dolomitique, car il ne contient pas de carbonate de magnésie. Il offre une excellente matière pour la cuisson de la chaux, mais il est très-difficile de le retirer des carrières, parce qu'il n'est presque jamais en couches stratifiées; il se montre le plus souvent en blocs compactes, qui formant une même masse, présentent des rochers de différentes formes.

Caractères paléontologiques.

Gastéropodes.

1. Purpuroïdea glabra (Pictet, p. 251, Pl. LXVI, *fig.* 23). Purpurina d'Orbigny. Je pense que ce fossile répondra au

Murex ranelloïdes cité par Pusch (Polens Paleontologie, Pl. XI, *fig.* 21). Je l'ai trouvé près de Skorków.

Acéphales.

2. Pecten demisus (Quenstedt, der Jura) ; j'ai trouvé ce fossile au même endroit que le précédent.

3. Ostrea gregarea (Quenstedt, der Jura, p. 751, Pl. XCI, *fig.* 28). J'ai trouvé ce fossile à Nida.

Brachiopodes.

4. Terebratula biplicata Soverby (Pusch, Polens Paleontologie, Pl. IV, *fig.* 1). Ce fossile, plus répandu que tous les autres, se trouve presque partout dans le calcaire en question.

5. Terebratula perovalis Soverby, qualité B (Pusch, Polens Paleontologie, Pl. IV, *fig.* 7; Quenstedt, der Jura, p. 419, Pl. LVII, *fig.* 22). Ce fossile est aussi commun que le précédent; je l'ai rencontré près de Skorków et de Nida.

6. Terebratula lacunosa Soverby (Pusch, Polens Paleontologie, Pl. III, *fig.* 8); je l'ai trouvé à Lazowizna.

7. Terebratula rostrata Soverby (Pusch, Pol. Paleontologie, Pl. III, *fig.* 7) ou Terebratula lacunosa dichotoma (Quenstedt der Jura, p. 633, Pl. LXXVIII, *fig.* 7). J'ai trouvé ce fossile à Skorkow.

8. Terebratula ornithocephala (Pusch, Polens Paleontologie, Pl. III, *fig.* 17). J'ai trouvé ce dernier fossile à Polichno.

Échinodermes.

Nous rencontrons rarement dans le calcaire à Térébratules des fossiles du genre des échinodermes; il n'y a pas cependant de doutes que ces fossiles n'existent dans ce calcaire; les échantillons que j'ai trouvés appartiennent au genre Cidaris Lamark et principalement aux Cidaris Suevica, Desor (Piclet, t. IV, p. 254, Pl. XCVII, *fig.* 7; Quenstedt, p. 642, Pl. 79, *fig.* 51). J'ai rencontré ce fossile à Skorkow.

En examinant les fossiles cités ci-dessus, et en prenant toujours pour base les divisions de Quenstedt, nous arrivons à trouver que des neuf fossiles déterminés, deux appartiennent à la formation du Jura brun moyen et principalement du δ. Deux appartiennent au Jura brun supérieur, quatre au Jura blanc, dont deux appartiennent au γ et un à ε, blanc. En s'appuyant donc sur ces données, il n'est pas facile de déterminer dans quelle division du Jura nous devons placer notre calcaire à Térébratules, surtout si nous avons en vue les divisions de détail.

Pour parvenir à un résultat plus sûr, il nous faut examiner le calcaire qui recouvre le calcaire à Térébratules, et que j'ai nommé calcaire oolithique. La puissance du calcaire à Térébratules est très-variable, car en général ce calcaire ne présente pas des assises régulières, mais il se montre le plus souvent en masses compactes isolées, ayant des formes très-diverses. Dans la contrée que je décris, le calcaire en question est le plus développé à l'est de Malogoszcz, près de Milachowa, où il forme des rochers très-escarpés qui entourent les bords de la Nida. La puissance de ce calcaire peut être estimée à 300 pieds russes, et les sommets de ces monticules ont une élévation d'environ 400 pieds russes au-dessus du niveau de la Nida. Cette contrée rappelle les environs pittoresques de Pieskowa-Skala et de Ojcow, situés au midi de la Pologne, entre Miechow et Olkusz.

Calcaire oolithique. — Dans la région que je décris, le calcaire oolithique forme partout l'assise la plus récente de la formation jurassique, et il n'y a aucun doute sous ce rapport, car dans un grand nombre de profils que j'ai déterminés, j'ai obtenu partout le même résultat.

Limites du calcaire oolithique. — Le calcaire oolithique présente au midi et à l'ouest de Chenciny deux lambeaux isolés; le premier commence à Lazowizna, près de l'embouchure du Trupieniec dans la Nidzica, passe par Mosty, se

montre à Brzegi, Jednice, Bolmin, et s'étend jusqu'à Milachowa. Le second lambeau du calcaire oolithique, qui est incomparablement plus court que le précédent, se montre au nord de Malogoszcz; il commence à Bocheniec, près de la Nida, passe par Lesnice et se prolonge jusqu'à Skorki. Ce lambeau diffère de l'autre, en ce qu'ici le calcaire oolithique recouvre immédiatement le calcaire à Ammonites, et dans quelques endroits il recouvre même le calcaire conchylien de la formation triasique.

Cet état de choses exceptionnel est sans doute cause que ce calcaire a été longtemps pris pour une des plus anciennes assises de notre formation jurassique; cette supposition a été un peu appuyée sur le caractère des fossiles, comme nous le verrons plus loin.

Quiconque cependant voudra vérifier en détail l'ordre de superposition des couches dans les principales chaînes de montagnes, au midi de Chenciny, se convaincra sans doute que notre calcaire oolithique recouvre partout le calcaire à Térébratules décrit plus haut et qu'il forme l'assise la plus récente de notre formation jurassique.

Caractère minéralogique. — Le calcaire oolithique a une structure tout à fait oolithique; nous y voyons partout des grains d'oolithe qui varient de la grosseur d'un grain de millet à celle d'un pois. En général il est d'une couleur claire, cependant dans les environs de Malogoszcz j'en ai trouvé du foncé; c'est aussi là que j'ai rencontré des conglomérats calcaires.

Le calcaire oolithique est souvent entrecoupé par des veinules de spath calcaire qui prennent exceptionellement des dimensions assez grandes, de sorte que du milieu du calcaire oolithique on peut retirer du calcaire cristallin complétement blanc. Quelques variétés du calcaire oolithique prennent après avoir été polis l'aspect du marbre, à cause de petites veinules du spath calcaire qui le traversent. Les tailleurs de pierre emploient quelquefois ce calcaire

pour la fabrication de différents objets en marbre: au commencement ces objets offrent un aspect luisant, mais avec le temps ils deviennent ternes, on reconnaît facilement dans ces objets les grains d'oolithe et ils sont plus léger que ceux qui sont en calcaire dévonien. Le calcaire oolithique présente en général, sous le rapport minéralogique, beaucoup plus de variétés que les deux calcaires jurassiques cités plus haut.

Caractère paléontologique.

Acéphales.

1. Ostrea Marshii Soverby, Ostrea crista Galli Schlo (Pusch. Paleon., p. 176, Schmidt Petrefacten, Buch, Pl. XXXVII). Pusch cite ce fossile dans les environs de Malogoszcz, moi je l'ai trouvé à Bolmin et à Ciesle.

2. Pecten textorius (Quenstedt der Jura, Pl. LXVII; *fig.* 5); j'ai trouvé ce fossile à Ciesle.

3. Pecten lens (Quenstedt der Jura, Pl. LIX, *fig.* 4); je l'ai trouvé à Ciesle.

4. Trigonia costata (Quenstedt, Pl. LX, *fig.* 12, p. 502) je l'ai trouvé aussi à Ciesle.

5. Modiola mediolata (Quenstedt, Pl. LX, *fig.* 5); je l'a rencontré à Ciesle.

6. Arcomya sinistra (Quenstedt der Jura, p. 541, Pl. LXII, *fig.* 2); j'ai trouvé ce dernier fossile dans les environs de Malogoszcz.

Brachiopodes.

7. Terebratula bulata (Quenstedt der Jura, p. 490, Pl. LXVI, *fig.* 1); je l'ai trouvé à Ciesle.

8. Terebratula ornitocephala Soverby (Pusch Polens Paleontologie, Pl. III, *fig.* 17); j'ai trouvé ce fossile dans les environs de Zerniki.

9. Terebratula orbis (Quenstedt der Jura, p. 639, Pl. LXXIX, *fig.* 28); j'ai trouvé ce fossile aussi à Zerniki.

10. Terebratula emarginata (Quenstedt der Jura, p. 494, Pl. LXVI, *fig.* 28); je l'ai rencontré à Ciesle.

11. Terebratula intermedia (Quenstedt der Jura, p. 419, Pl. LVII, *fig.* 23); je l'ai trouvé à Ciesle.

12. Terebratula lacunosa Dichtoma (Quenstedt der Jura, p. 633, Pl. LXXVIII, *fig.* 17); je l'ai rencontré au même endroit que le précédent.

13. Terebratula acuticosta (Quenstedt, p. 424, Pl. LVIII, *fig.* 11); jai trouvé ce fossile à Zerniki.

Polypes.

14. Lithodendron plicatum (Quenstedt der Jura, p. 711, Pl. LXXXVII, *fig.* 1 et 2); j'ai trouvé ce fossile à Zerniki.

En réunissant les fossiles cités, et prenant les divisions adoptées par Quenstedt dans son ouvrage intitulé *Der Jura*, nous arrivons à trouver que des 14 fossiles cités, le fossile du n° 8 ne nous apprend rien sous le rapport de l'âge relatif, car il passe par plusieurs étages de la formation jurassique. Des 13 fossiles restant, 6 appartiennent à la formation du Jura brun désigné par Quenstedt par δ, 4 répondent au Jura brun marqué par ε, 3 répondent au Jura blanc, et principalement deux fossiles au Jura blanc γ, et 1 au Jura blanc ε. En adoptant donc les divisions de Quenstedt, nous arrivons à trouver que le calcaire oolithique recouvrant le calcaire à térébratules, renferme des fossiles qui le placeraient parmi les assises moyennes du Jura brun de Quenstedt.

En réunissant les fossiles du calcaire à Térébratules avec ceux du calcaire oolithique, et les classant aux divisions détaillées de Quenstedt, nous arriverons au résultat suivant :

8 fossiles appartiennent au δ brun de Quenstedt.
5 au Jura brun ε.
1 au Jura brun ζ.
5 au Jura blanc γ.
2 au Jura blanc ε.

En réunissant ces résultats avec ce que nous avons dit du calcaire à ammonites, nous arriverons à conclure que : les trois assises de notre formation jurassique qui se distinguent visiblement entre elles, ne sont pas plus anciennes que le δ brun de Quenstedt, et ne sont pas plus récentes que le γ blanc de Quenstedt, car nous devons regarder les deux derniers fossiles comme insignifiants. De cette manière les trois assises de notre formation jurassique représenteraient, dans la contrée que je décris, 6 assises de Quenstedt, et principalement trois assises appartenant aux couches supérieures du Jura brun et trois appartenant aux couches inférieures du Jura blanc.

En prenant cependant pour base les divisions adoptées par A. d'Orbigny, je pense que notre formation jurassique doit être placée à la douzième époque jurassique, c'est-à-dire à l'étage callovien.

En comparant entre elles nos trois assises de la formation jurassique, nous voyons que la différence la plus prononcée existe entre le calcaire à ammonites et le calcaire à Térébratules. On voit par exemple que les céphalopodes disparaissent presque complétement dans ce dernier, mais qu'en revanche, on y rencontre les brachiopodes, qui sont très-rares dans le calcaire à ammonites.

Nous voyons beaucoup plus de ressemblance entre le calcaire à Térébratules et le calcaire oolithique; si ce n'est pas par le genre spécial des fossiles, c'est au moins par la classe de ces fossiles : c'est ainsi que nous voyons, par exemple, que les brachiopodes dominent dans ces deux calcaires. Le calcaire en général le plus riche en fossiles, c'est le calcaire oolithique, et il nous montre clairement que nous nous approchons du plus grand développement de la faune jurassique et notamment de l'étage oxfordien d'Alcide d'Orbigny.

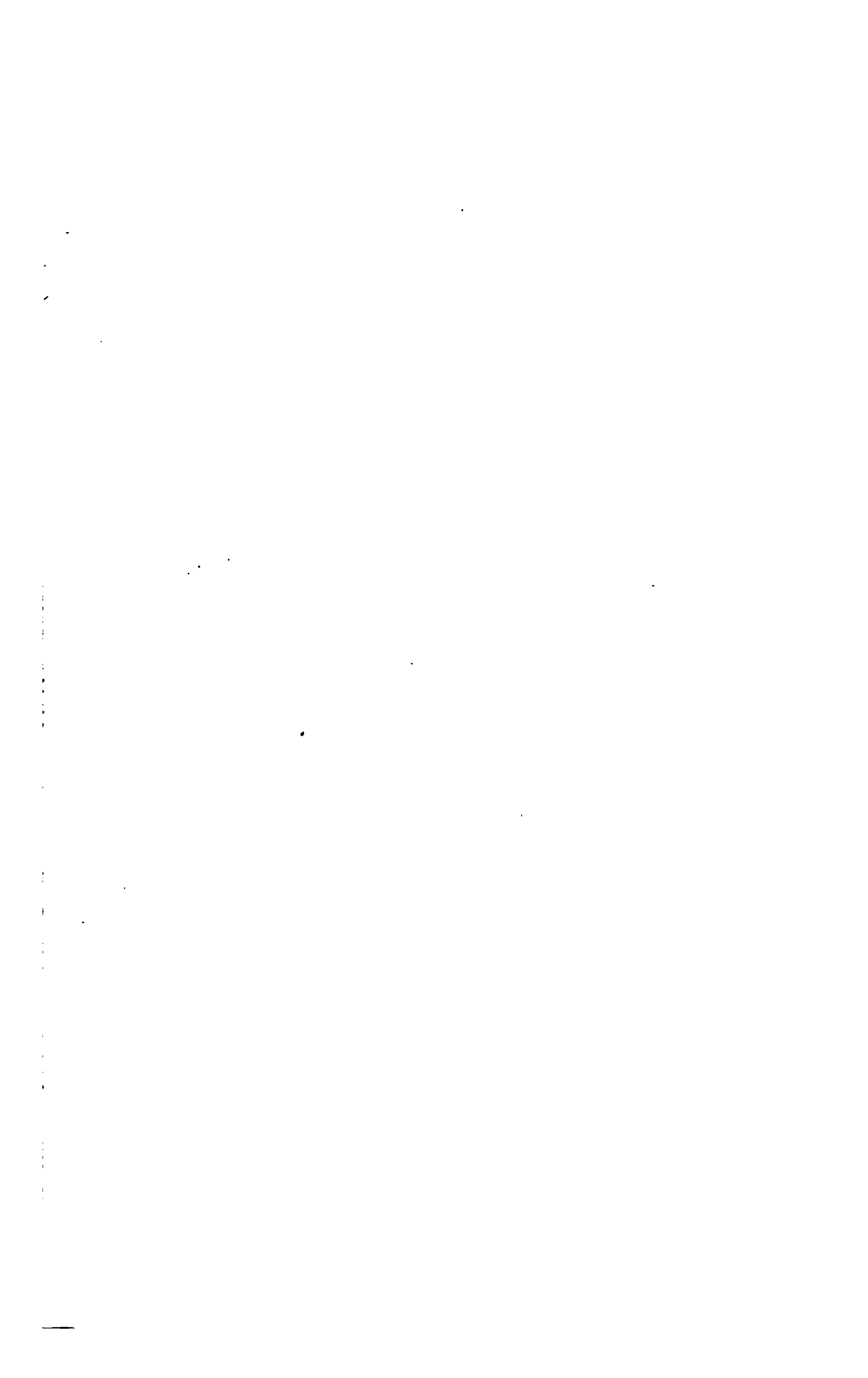
Quoique les trois assises de notre formation jurassique se distinguent visiblement, nous ne devons pas cependant

croire que ces trois couches différentes se soient déposées l'une après l'autre, après de grandes perturbations géologiques, qui détruisaient l'ancien ordre de choses, pour former de nouveaux bassins pour les assises qui succédaient, et dans lesquelles se développait un nouveau monde organique ; car, au contraire, tout démontre que les trois assises décrites se sont déposées dans la même mer, et les différences que nous trouvons parmi les fossiles de ces assises, dépendent simplement de causes locales et de changements climatologiques qui ont pu avoir lieu pendant la longue période de notre formation jurassique.

Nous savons que la formation jurassique s'est largement développée au sud-ouest de la Pologne, où elle présente un large lambeau de montagnes qui se prolonge de Cracovie à Kalisz. Sur cette vaste surface nous trouvons beaucoup plus de matériaux à examiner que dans les minces lambeaux du centre de la Pologne. Cependant il faut avouer que jusqu'à présent, le lambeau jurassique du sud-ouest de la Pologne n'a pas été examiné en détail ; il manque surtout des profils qui nous montreraient la succession des couches.

Pour comparer le système des montagnes jurassiques du milieu de la Pologne avec le lambeau principal des montagnes jurassiques du sud-ouest de ce pays, j'ai vérifié le profil, du moins en général, dans plusieurs points de ce lambeau, et je me suis convaincu qu'en éliminant seulement la division de la formation que Pusch a nommée Moor-Kohlenn und Lettengebirge, et qu'il range à la formation d'Eisenthongebirge de Werner, toutes les autres assises de la formation jurassique du sud-ouest de la Pologne correspondent exactement aux trois assises que j'ai citées au milieu de la Pologne, aussi bien par le caractère minéralogique que par le caractère paléontologique. Il n'y a pas à en douter, ce sont les mêmes couches qui, au sud-ouest de la Pologne, se sont montrées à la surface, avec une incli-

naison opposée aux inclinaisons générales que nous trouvons au midi de la Pologne. De cette manière, ces deux systèmes, pris ensemble, forment un vaste bassin dans lequel se sont déposées les couches plus récentes de la formation crétacée et de la formation tertiaire.



FONÇAGE DES PUITS A NIVEAU PLEIN

(PROCÉDÉS KIND ET CHAUDRON).

NOTICE SUPPLÉMENTAIRE

SUR LES TRAVAUX EXÉCUTÉS DE 1862 A 1867.

Par M. J. CHAUDRON, ingénieur des mines.

Nous avons donné précédemment (*) la description des travaux que nous avons exécutés à la houillère de l'Hôpital (Moselle) par le procédé de fonçage à niveau plein.

Nous faisons connaître, dans cette notice supplémentaire, les autres travaux analogues entrepris de 1862 à 1867, savoir :

Le puits Sainte-Barbe, à Ressaix, dépendant du charbonnage de Péronnes (Belgique) ;

Et les deux puits de la houillère Dahlbusch, à Rotthausen (Westphalie).

Les détails que nous avons donnés sur les avaleresses de l'Hôpital, nous dispenseront d'entrér dans de grands développements sur les travaux de Ressaix et de Rotthausen.

Nous ferons suivre cet exposé d'un résumé historique de nos diverses entreprises de fonçage des puits à niveau plein.

(*) Tome XI, page 1.

§ I. — Établissement du puits Sainte-Barbe a Ressaix, charbonnage de Péronnes (*).

Les sondages de recherches établis sur la partie septentrionale de la commune de Ressaix, partie actuellement comprise dans le champ d'exploitation de la société de Péronnes, avaient démontré que le terrain houiller y est recouvert d'une couche assez puissante de marnes aquifères.

Plusieurs sociétés concurrentes se disputaient la concession de ce territoire ; c'était justice de la donner à celle qui, seule, avait osé aborder les difficultés de la traversée des morts-terrains, en cet endroit.

C'est donc encore la société charbonnière de Péronnes qui a fait les frais de la nouvelle entreprise dite *Avaleresse Sainte-Barbe à Ressaix*. On se rappelle que c'est cette même société qui a inauguré, en Belgique, notre procédé de fonçage à niveau plein.

Le travail de l'avaleresse Sainte-Barbe avait été précédé de l'exécution d'un sondage de reconnaissance, sur un point situé à 1.000 mètres environ au midi du puits Sainte-Marie de Péronnes, et à 100 mètres de la chaussée Brunhault, allant de Binche à Morlanwelz.

On se disposait à établir l'avaleresse à côté du sondage; mais des considérations étrangères aux travaux obligèrent de s'éloigner à 200 mètres environ vers l'ouest.

Il était vraisemblable, d'après toutes les reconnaissances faites dans le voisinage, que l'on aurait, sur ce nouvel emplacement, moins de morts-terrains qu'au sondage ; mais il n'en fut pas ainsi. De plus, on y rencontra 8 mètres de terrains ébouleux et de sable fluide, qui n'avaient pas été signalés dans ledit sondage.

(*) Extrait des *Annales des travaux publics de Belgique*.

Que cette circonstance, jointe à bien d'autres faits analogues, serve d'enseignement aux personnes qui ont à établir des puits dans des terrains vierges : il n'est jamais prudent de s'écarter des points connus; car la nature et l'épaisseur des morts-terrains qui recouvrent notre gisement houiller sont généralement très-variables.

L'avaleresse Sainte-Barbe a été creusée sur un diamètre de 4^m,25, et garnie ensuite d'un cuvelage en fonte de 3^m,65 de diamètre intérieur. La hauteur totale de ce dernier, y compris les trousses picotées et le racordement à la base, est de 56 mètres. La *fig.* 1, Pl. VI, représente la coupe des terrains traversés par le fonçage.

Installation. — Un puits préparatoire maçonné sur 4^m,50 de diamètre, fut établi jusqu'à 36 mètres de profondeur, c'est-à-dire un peu au-dessous de la tête du terrain aquifère.

Afin d'utiliser les vieilles charpentes qui avaient servi au forage du puits d'air dit de Sainte-Marie, on éleva deux murs parallèles de 4 mètres de hauteur à côté du puits, et c'est sur ces constructions que fut montée la baraque de sondage.

La machine cabestan, le cylindre batteur et les outils de sondage qui avaient fonctionné aux puits de Saint-Vaast et de Péronnes, furent aussi transportés au puits Sainte-Barbe.

Enfin, les installations nécessaires pour mettre le forage en marche coûtèrent en totalité la somme de 20.000 francs, non compris bien entendu la valeur des machines et outils.

Forage du puits. — Les travaux de sondage furent commencés le 9 juillet 1862. On mit successivement en marche le trépan de 1^m,37 de diamètre pour le forage du puits central, et le grand trépan de 4^m,25 pour l'élargissement.

Les opérations furent suivies sans accident notable jusqu'au 7 janvier 1863. A cette époque, le puits central avait

été arrêté dans le schiste houiller à la profondeur de 90^{m},75, et l'élargissement était fait jusqu'à 80^{m},45.

A ce moment, une circonstance grave se présenta : il devenait impossible de vider le puits central; à mesure que la cuiller de draguage enlevait les détritus, ce puits se remplissait de sable. C'était du sable blanc, à gros grains et très-pur, provenant d'une couche de faible épaisseur renseignée à la coupe. Chose extraordinaire, cette couche paraissait assez dure quand on l'a traversée avec le trépan de 1^{m},37 et elle n'avait pas donné lieu à des éboulements sensibles. Le terrain supérieur, qui était composé de marne très-sablonneuse à nodules siliceux, ne tenait pas très-bien; il est vraisemblable que, par la pression de ce terrain, le sable s'était désagrégé depuis qu'on l'avait traversé la première fois. Quoi qu'il en soit, des excavations avaient dû se former à quelque distance du puits, pour que l'irruption devînt aussi considérable qu'elle le fut.

Il n'y avait pas à hésiter : nous décidâmes immédiatement que l'on descendrait un revêtement provisoire, pour garnir les parois du puits à partir de la tête du terrain ébouleux et jusqu'au-dessous de la couche de sable mouvant (entre 75^{m},65 et 83^{m},35 de profondeur).

Un tube en tôle de fer de 8 mètres de hauteur fut commandé dans ce but. Les pièces qui devaient le composer arrivaient à l'établissement de Sainte-Barbe, dès le 15 mars; il fut monté sur place, c'est-à-dire au-dessus du puits, à la fin de ce mois.

Ce tube pesait 12.000 kilogrammes; il a été fait avec des tôles de 2 mètres de hauteur, de 1^{m},80 de longueur et de 0^{m},015 d'épaisseur. Quatre tournées semblables, de huit tôles chacune, formaient donc le cylindre. L'assemblage des pièces se fit, non à joints de recouvrement, mais par des petites lattes rivées extérieurement, de manière à conserver la forme cylindrique parfaite à l'intérieur, ce qui était utile pour faciliter le passage des outils de sondage.

Nous verrons ci-après combien il est regrettable que ce revêtement provisoire n'ait pas été fait en fonte.

Les deux mois qui venaient de se passer n'avaient donné lieu qu'à un travail constamment interrompu, et l'approfondissement du grand puits, pendant cette période, n'avait été que de 3m,25. Le placement du tube eut lieu sans la moindre difficulté; la descente s'opéra au moyen des tiges que nous employons pour suspendre les cuvelages. La seule observation que nous ayons à faire à ce sujet, c'est que l'extrémité de ces tiges avait été disposée en forme de crochet, ce qui permit de les dégager facilement, par un petit choc, des rainures faites dans les tôles supérieures du tube pour les suspendre.

Le 4 avril, le cylindre en tôle reposait sur la semelle du puits, à 83m,70 de profondeur, 0m,35 dans la couche inférieure au sable boulant. Le travail du forage fut repris immédiatement; le 24 juillet seulement le grand puits était terminé à la profondeur de 86m,65, environ 3m,30 dans les fortes toises, qui sont imperméables et très-propres à recevoir l'assise du cuvelage.

Cette dernière période de travail fut marquée par une série d'accidents que nous mentionnons en note (*).

Il est à remarquer que le puits primitif était fait sur un diamètre de 4m,25; le tube de revêtement provisoire avait

---

(*) Le 11 avril une dent du trépan se détache et reste dans le puits, avec deux autres dents qui sont cassées. On cure le puits central et l'on fait fonctionner le grappin pendant plusieurs jours, pour débarrasser la semelle du grand puits. On ne parvient pas au résultat et l'on brise cet outil de sauvetage.

En attendant sa réparation, on sonde au petit diamètre et l'on porte le puits central à 91m,70 de profondeur.

Le 29 avril, on reprend le travail avec le grappin. Plusieurs fois cet outil se brise ou se détériore fortement; on essaye à différentes reprises de travailler avec le trépan pour dégager le fond du puits, mais on n'y parvient pas; les dents s'étaient vraisemblablement logées dans les cassures du banc de silex, dans lequel on se trouvait alors. On prend enfin le parti d'adapter au trépan des dents

$4^m,22$ extérieurement et $4^m,16$ à l'intérieur. Le trépan fut réduit d'abord à $4^m,14$ pour la continuation du sondage, puis au diamètre minimum que comportait la lame, soit $4^m,10$, pour l'emplacement de la boîte à mousse.

Descente du cuvelage. — Le cuvelage du puits Sainte-Barbe est composé du cylindre de la boîte à mousse et de trente-quatre tronçons, le tout en fonte, de $1^m,50$ de hauteur. Les collets d'assemblage ont $0^m,07$ de largeur et il y a, entre ces collets, deux nervures dans le corps de chaque pièce. Le diamètre intérieur libre des tronçons est de $3^m,65$; leur épaisseur a été fixée à $0^m,04$ pour les douze pièces inférieures, à $0^m,035$ pour les douze suivantes, et enfin à $0^m,030$ pour celles de la partie supérieure de la colonne.

Au-dessous de la boîte à mousse, il y a, à la base, deux trousses picotées et des cylindres de raccord en fonte, qui portent la hauteur totale du revêtement métallique à 56 mètres, ainsi que nous l'avons dit précédemment.

Le poids de ce cuvelage en fonte est de 200.000 kilogrammes.

Il a été frabriqué dans les ateliers de MM. Delebèque et compagnie à Baume. Le polissage des collets, ainsi que l'épreuve des pièces à la pression double de celle qu'elles devaient supporter dans le puits, s'est fait sous notre di-

---

en acier fondu et plus courtes que les dents ordinaires; on augmente aussi le diamètre des tenons en élargissant les encoches de la lame.

Le 9 mai, on se remet à sonder au grand trépan; on ne s'aperçoit plus de la présence, sur la banquette du grand puits, des dents cassées; mais on rencontre un énorme bloc de silex qui forme une bosse d'un côté des parois.

L'outil rebondit obliquement à chaque coup du batteur; les tiges de sondage et de la glissière se brisent fréquemment; le trépan est ressaisi chaque fois avec la fanchère. Enfin, à force de répéter les manœuvres, on parvient à briser les bancs de silex et à atteindre les terrains argileux imperméables, dans lesquels on arrête le travail du forage.

rection à l'ancien établissement de Saint-Vaast, où notre tour avait été installé primitivement.

Les travaux préparatoires au placement du cuvelage étaient terminés le 8 août 1863. Les premières pièces avec la boîte à mousse étaient suspendues au-dessus du puits, et l'ont put commencer à les descendre. Dès le 4 septembre, tous les tronçons étaient posés en colonne, et la base du cuvelage touchait à la profondeur d'environ 78 mètres.

Dans ce moment, la boîte à mousse s'était engagée dans le tube de revêtement provisoire en tôle, placé, ainsi que nous l'avons dit, pour garnir les terrains ébouleux. Une résistance inattendue se présente tout à coup à la descente du cuvelage, malgré le jeu de 0^{m},03 laissé sur tout le pourtour du puits entre les rebords de la boîte à mousse et le cylindre en tôle. Sans doute ce dernier s'était ovalisé soit pendant la descente, soit par la poussée des terrains. On charge le cuvelage en y laissant pénétrer une plus grande quantité d'eau, on parvient ainsi à faire descendre la colonne de 2 mètres ; on augmente la charge et l'on descend encore de 1^{m},50. Enfin, le 11 septembre, le cuvelage touche le fond du puits.

Nous verrons, par la suite, qu'un accident grave s'était produit dans le passage du tube de revêtement provisoire : le premier tronçon du cuvelage, dont le rebord d'en dessous est extérieur, avait été cassé par les secousses imprimées à la colonne lorsqu'on voulait la forcer à descendre ; le sabot de la boîte à mousse, que nous faisions alors en bois, résista mieux à ces secousses et ne fut que légèrement démantelé.

Bétonnage. — Le bétonnage ordinaire sur toute la hauteur du cuvelage, se fit dans de bonnes conditions. Commencée le 18 septembre, cette opération était entièrement terminée le 2 octobre.

Picotage de la base du cuvelage. — Le 15 novembre, alors

que le béton avait eu le temps de durcir, et après avoir fait les installations nécessaires pour reprendre le fonçage de l'avaleresse par les procédés ordinaires, on se mit en mesure d'épuiser l'eau qui se trouvait dans le cuvelage.

Au bout de quelques jours, le puits était vide, le tube d'équilibre et le faux fond étaient démontés. Le cuvelage était parfaitement étanche sur toute sa hauteur; mais une venue d'eau d'environ 50 litres par minute se manifestait par la base. On vit alors que le premier tronçon du cuvelage était cassé, comme nous l'avons dit ci-dessus : une pièce de près de 1 un mètre quarré s'était séparée du corps principal du tronçon. Toutefois la boîte à mousse avait fonctionné; le bétonnage paraissait avoir rempli les vides aussi bien que possible; mais il restait, à cause de l'ouverture libre de la pièce cassée, une communication entre le puits et le terrain aquifère, par les petites fissures inévitables dans le béton.

Il fallut alors se décider à repousser la venue d'eau, quelque petite qu'elle fût; car le cuvelage était chargé sur toute sa hauteur, et il était vraisemblable que, si on laissait subsister l'écoulement, l'eau finirait par se frayer un passage plus grand dans le béton et que l'on risquerait d'avoir enfin une partie notable des eaux du mort-terrain.

Pour parer à cet accident, il fut donc décidé que les trousses à picoter que nous plaçons habituellement à la base de nos cuvelages pour renforcer la boîte à mousse, seraient établies ici sur un diamètre légèrement rétréci, et que le cylindre de raccord, au lieu de s'arrêter au sabot de la boîte, serait prolongé dans le cuvelage jusqu'au-dessus de la pièce cassée, de manière à venir se souder au second tronçon du cuvelage, par un petit picotage vertical. La *fig*. 3, Pl. VI, indique la disposition suivie à cette fin, et qui a très-bien réussi.

Nos constructeurs, peu habitués à ce genre de travaux, ont beaucoup tâtonné et, en nous faisant perdre du temps,

nous ont aussi occasionné des dépenses superflues, qui seraient évitées si l'on avait à faire un nouvel ouvrage de ce genre.

Faisons remarquer, d'ailleurs, qu'il y a peu de différence entre le travail de raccordement que nous venons d'indiquer et celui que nous faisons maintenant dans tous nos cuvelages. (Voir la description des travaux de l'Hôpital.) Seulement, dans le cas spécial qui nous occupe, le diamètre du cuvelage, qui était de 3^m,65, a été réduit à 3^m,50 sur une hauteur d'environ 6 mètres, à l'endroit où s'est faite la réparation.

Quoi qu'il en soit, nous pouvons dire qu'aujourd'hui le puits Sainte-Barbe de Ressaix est parfaitement étanche à sa base et sur toute sa hauteur.

Observation. — Le fonçage de ce puits avait été exécuté très-rapidement et à peu de frais, ainsi qu'on pourra en juger par le relevé, ci-dessous, des dépenses faites pour les diverses opérations.

Sans l'accident grave résulté de la rencontre des terrains ébouleux, que l'on a été obligé de tuber, et de la rupture du premier tronçon de cuvelage, occasionnée par l'emploi d'un revêtement provisoire en tôle, nous serions arrivés à la fin de ce travail dans des conditions d'économie tout à fait exceptionnelles.

Une conséquence à tirer de cet accident, c'est que, lorsqu'on aura à traverser des terrains ébouleux, des sables mouvants, etc., il sera préférable d'employer des tubages rigides en fonte; car il est presque impossible, quelque épaisseur que l'on donne à la tôle de fer, de garantir que les tubes de cette matière conserveront leur cylindricité; et c'est là cependant une condition essentielle qu'ils doivent remplir, pour que l'on puisse opérer avec certitude de succès et en même temps ne pas s'exposer à devoir réduire de beaucoup le diamètre du puits au-dessous des revêtements provisoires.

Coût des travaux. — La dépense totale occasionnée par l'avaleresse Sainte-Barbe est de 150.446 francs qui se répartissent comme suit :

	francs.
Frais d'installation.	20.600,36
Amortissement du matériel.	10.000,00
Forage du puits.	23.558,58
Tubage des terrains ébouleux.	8.228,08
Cuvelage et bétonnage.	64.743,38
Picotage et réparations à la base. . .	23.335,50
Total.	150.446,00

§ II. — ÉTABLISSEMENT DES PUITS DE ROTTHAUSEN, HOUILLÈRE DAHLBUSCH.

La société *Belge-Rhénane des charbonnages de la Ruhr*, dont le siége est à Bruxelles, possède une concession de près de 400 hectares de superficie, exploitée sous la dénomination de houillère Dahlbusch. Elle est située à Rotthausen, à proximité de la station de Gelsenkirchen, à la limite de la Westphalie, c'est-à-dire vers le milieu du bassin de la Ruhr.

Cette société date de 1852, et même de 1847 pour la plupart de ses intéressés. C'est donc l'une des premières compagnies qui se sont constituées pour l'entreprise des grandes exploitations houillères créées, dans ce pays, depuis une quinzaine d'années.

Le bassin de la Ruhr est connu aujourd'hui comme l'un des plus riches du continent : les couches de houille y sont nombreuses, de qualité variée et généralement très-puissantes et d'une exploitation facile (1).

Sa production annuelle atteint au chiffre de 8.500.000 tonnes de 1.000 kilogr. Elle était à peine de 2.000.000 tonnes en 1852.

(1) On aura une idée des conditions favorables dans lesquelles se fait l'exploitation des charbonnages de la Ruhr, par le relevé sui-

Parmi les causes qui ont retardé si longtemps le développement de l'industrie houillère de cette contrée, nous pouvons citer, en première ligne, la difficulté que présente le fonçage des puits, dans la partie la plus riche du bassin. La bande septentrionale de cette immense formation carbonifère, dont on ne connaît pas encore bien les limites, mais qui est déjà explorée de Ruhrort jusqu'au delà de Unna (distante de 136 kilomètres), est recouverte de terrains crétacés, analogues par leur composition à ceux que nous avons dans le Hainaut et dans le nord de la France. Les marnes y sont cependant plus argileuses et plus compactes; elles renferment moins de galets siliceux. En certains points déjà reconnus, elles atteignent jusqu'à 200 mètres et plus d'épaisseur; mais elles n'y sont pas en général très-aquifères.

---

vant du prix de revient des produits de l'une de ces mines en 1866. La mine dont il s'agit occupe 350 ouvriers et extrait par année 100,000 tonnes (de 1,000 kilogrammes).

		PRIX DE REVIENT PAR TONNE.		
FRAIS DIRECTS.	Salaire du fond	2,36		
	— du four	0,43	2,78	
	Consommation, bois	0,43		
	— matières diverses	0,11	0,54	
	Amortissement du matériel		0,11	3,43
FRAIS INDIRECTS.	Travaux d'entretien, salaires	0,65		
	— de consommation	0,26	0,91	
	Exhaure, salaire	0,09		
	— consommation	0,03	0,12	
	FRAIS GÉNÉRAUX :			
	Redevances	0,22		
	Divers	0,67	0,89	1,92
			Total francs	5,35

Néanmoins, les venues d'eau constatées dans les avaleresses que l'on a faites jusqu'ici, à des distances même très-rapprochées les unes des autres, sont très-variables, ce qui prouve qu'il serait imprudent de s'aventurer dans de pareilles entreprises sans avoir une bonne machine d'épuisement à sa disposition, si l'on devait y travailler par les anciens procédés.

C'est en cela que, dans tous les cas, le fonçage à niveau plein y sera toujours à conseiller; car il faudrait qu'il y eût absence presque complète d'eau dans le mort-terrain, pour que ce mode de travail n'eût pas des avantages, au point de vue du temps employé et de la dépense à faire.

Certaines avaleresses de ce pays ont présenté des difficultés de *niveau* très-grandes; nous citerons notamment le puits d'exploitation de la houillère *Rhein-Elbe* à Gelsenkirchen, dont le fonçage a été très-long et où la venue d'eau a atteint par moments 14 mètres cubes à la minute. On y a dépensé, pour atteindre le terrain houiller, cinq à six fois peut-être ce que coûterait une avaleresse à niveau plein.

La couche des morts-terrains aquifères, qui recouvre la surface de la concession Belge-Rhénane, a été constatée jusqu'ici par quatre sondages et par trois puits; elle a une épaisseur de 110 à 115 mètres en ces différents points.

La coupe de ces terrains est indiquée, *fig.* 2, Pl. VI.

Les deux puits nouveaux exécutés par notre procédé de fonçage à niveau plein sont : le premier, un puits d'aérage de 1^{m},90 de diamètre établi à 500 mètres au nord du siége d'exploitation dit Léopold, créé en 1852-54; et l'autre, un puits d'extraction destiné à former le siége n° 2, et dont le diamètre est de 3^{m},65 à l'intérieur du cuvelage; ce dernier est à 334 mètres au nord du puits d'aérage, qui desservira les deux siéges d'exploitation.

Puits d'aérage.

Le puits d'aérage de Rotthausen a été creusé sur un diamètre de 2^m^,52 et garni d'un cuvelage en fonte de 1^m^,90 de diamètre à l'intérieur des collets d'assemblage.

Ce cuvelage se compose de 48 anneaux de 2 mètres, outre le cylindre spécial de la boîte à mousse. La hauteur totale du revêtement métallique est de 98^m^,75 y compris le picotage à la base.

Installation. — La barraque de sondage a été montée en bois, comme construction provisoire. La machine cabestan, le cylindre batteur et une partie des outils de sondage ayant servi au puits de Sainte-Barbe à Ressaix (Belgique), ont été mis en usage pour ce travail.

Quelques outils spéciaux, et notamment un trépan élargisseur de 2^m^,56 de diamètre pesant environ 8,000 kilogrammes, y ont aussi été employés.

Le forage fut mis en activité le 13 septembre 1865 et terminé le 9 février 1867, à la profondeur de 101 mètres. Le puits central, ayant 1^m^,37 de diamètre, avait été préalablement porté jusqu'à 113^m^,45 de profondeur, soit 3 mètres dans le terrain houiller.

L'exécution du puits d'aérage de Dahlbusch a présenté peu de faits remarquables.

Nous avons eu d'assez nombreux éboulements dans les marnes vertes supérieures; mais comme ils ne présentaient pas, selon nous, le moindre danger pour la suite des travaux, il nous a paru inutile de tuber.

Nous avons éprouvé aussi des retards fréquents par suite de l'insuffisance de notre premier outillage, qui était un peu faible; c'était celui dont nous avions fait usage dans nos premiers travaux de fonçage à niveau plein.

Enfin, il nous est arrivé un accident qui n'a pas eu de gravité, à cause des circonstances spéciales dans lesquelles

nous nous trouvions ; nous allons néanmoins le mentionner, afin qu'il serve de guide aux personnes qui auront à s'occuper de travaux analogues.

Notre premier projet avait été de placer la base du cuvelage dans le schiste houiller, parce que nous avions des doutes sur l'imperméabilité des sables verts (*tourtia*) qui se trouvent au-dessous des marnes. Mais les renseignements que nous avons recueillis ultérieurement sur les avaleresses exécutées dans les environs de Gelsenkirchen, nous ont fait reconnaître que, non-seulement les sables verts ne donnent généralement pas d'eau, mais que, même les marnes blanches, qui leur sont supérieures, sont très-compactes et peu aquifères.

Nous avons donc placé la base du cuvelage à la partie inférieure des marnes, et nous verrons par la suite que nous avons bien réussi.

Quoi qu'il en soit, le forage du puits central avait été continué dans le terrain houiller et l'on comptait l'approfondir encore, afin de recouper une couche de houille et de reconnaître la position du puits, relativement aux travaux d'exploitation existants. On venait de traverser un schiste assez tendre et l'on se trouvait dans du grès houiller très-dur. Un nouveau trépan de $1^m,37$ de diamètre était arrivé récemment à l'établissement pour servir surtout aux travaux du puits n° 2 ; et comme cet outil était beaucoup plus lourd que celui dont on avait fait usage jusque-là, on l'employait de préférence pour battre dans le terrain houiller. Malheureusement la lame de ce trépan avait 3 à 4 centimètres de diamètre de plus que celle de l'ancien outil. Le nouveau trépan frottait contre les parois de la partie inférieure du puits ; il s'était déjà calé plusieurs fois, ce que les chefs sondeurs avaient laissé ignorer à la direction. Enfin, le 21 août 1866, le trépan fut de nouveau ancré au fond du puits, et les agents chargés du travail ne parvenaient plus à l'en retirer.

Après avoir employé vainement, dans ce but, tous les moyens indiqués par la pratique, nous avions pensé que, pour y arriver, il faudrait reprendre l'approfondissement du puits au grand diamètre (il était resté à 65ᵐ,50), et creuser une rigole sur toute la hauteur du petit trépan, pour le dégager.

Ce travail nous paraît très-réalisable et nous n'hésiterions pas à le conseiller à l'occasion.

Mais il était inutile dans le cas actuel : en effet, le puits central était à 113 mètres de profondeur et le trépan n'avait que 6ᵐ,50 de hauteur ; il était donc possible d'élargir au diamètre définitif de 2ᵐ,50 jusqu'à 102 ou 103 mètres, c'est-à-dire jusque sur les sables verts ; et l'on se trouverait alors dans un terrain convenable pour asseoir le cuvelage.

C'est pour ces motifs que nous avons décidé qu'on laisserait le petit trépan dans le puits central jusqu'à ce que le cuvelage fût descendu et rendu étanche.

Un enseignement à tirer de ce qui précède, c'est que l'on ne saurait trop recommander de bien calibrer les outils de sondage chaque fois qu'ils descendent dans le puits. On ne doit admettre d'ailleurs au service des travaux que des contre-maîtres sur qui l'on puisse se reposer en toute confiance ; car les infractions qu'ils commettent aux règles de la prudence peuvent avoir, dans les entreprises de l'espèce, des conséquences extrêmement fâcheuses.

Descente du cuvelage. — Bétonnage. — La descente du cuvelage s'est faite sans aucune difficulté. Commencée le 16 mars 1867, elle était terminée le 6 mai suivant, malgré quelques retards survenus pour l'ajustement du faux fond.

Nous ferons remarquer que, par suite des éboulements signalés dans les marnes, nous avons fait descendre le grappin par la colonne d'équilibre, afin de pouvoir draguer le fonds du puits avant de toucher avec la boîte à mousse. Cette opération s'est faite avec facilité.

Disons aussi que, au moment où la boîte à mousse a été

comprimée, l'eau de la colonne d'équilibre, dont un robinet était ouvert à 25 mètres de la tête du cuvelage, s'est tarie immédiatement; ce qui laissa peu de doute sur la réussite du travail. Le matelas, qui avait 1m,80 de hauteur, a été réduit par la compression à 0m,30.

Le poids total du cuvelage de ce petit puits est de 192,000 kilogrammes. Il a été fabriqué par la société des conduites d'eau à Liége, et livré à pied-d'œuvre au prix de 27 francs les cent kilogrammes.

Le bétonnage s'est exécuté dans les conditions ordinaires, sur toute la hauteur du revêtement métallique; ce travail n'a duré que quatre semaines. Le 22 juin tout était terminé.

Picotage à la base du cuvelage. — Dans les premiers jours du mois d'août, on a épuisé l'eau qui se trouvait dans le cuvelage, et nous avons eu la satisfaction de constater que le puits d'aérage de Dahlbusch est parfaitement étanche.

Nous sommes occupés, dans ce moment, à placer au-dessous de la boîte à mousse, deux trousses à picoter et un cylindre de raccord en fonte.

Puits d'exploitation n° 2.

Le second siége d'exploitation de la société Belge-Rhénane est encore en voie d'exécution.

Le forage de ce puits a été commencé le 11 juillet 1866. Il est arrivé aujourd'hui à la profondeur de 120 mètres, au puits central; il est en outre élargi au diamètre de 2m,50, jusqu'à 65 mètres, et au diamètre définitif de 4m,25, jusqu'à 50 mètres.

Le travail marche régulièrement.

Nous avons fait l'élargissement en deux fois dans les terrains les plus durs, parce que notre grand trépan est un peu léger; c'est celui qui a servi primitivement au puits Léopold. D'ailleurs, il n'y avait aucune dépense spéciale

à faire dans ce but, puisque nous avions à notre disposition le trépan élargisseur du puits d'aérage.

Le cuvelage du puits n° 2 est en fabrication. Il se composera de 73 tronçons de 1m,50 de hauteur et de 3m,65 de diamètre intérieur.

Coût des travaux.

Le devis des travaux de fonçage à niveau plein des deux puits de la société Belge-Rhénane, comporte une dépense totale de 555.000 francs. Nous avons tout lieu d'espérer que ce chiffre ne sera pas atteint, malgré le surenchérissement excessif de la main-d'œuvre des ouvriers employés à nos travaux.

Le salaire des manœuvres, dont nous nous servons exclusivement, est en moyenne de 3 francs par journée de 12 heures, ce qui n'est nullement en rapport avec la paye des ouvriers mineurs du pays, qui gagnent dans les travaux intérieurs de 4 à 5 francs.

Une autre cause d'exagération de dépenses pour notre entreprise, c'est qu'il est impossible d'obtenir aucun travail les dimanches ni les jours fériés, qui sont très-nombreux en Westphalie. C'est d'autant plus regrettable que les opérations du fonçage des puits souffrent tout particulièrement de ces chômages forcés.

§ III. — RÉSUMÉ HISTORIQUE.

Nous rappelons ici les différentes entreprises faites par le procédé de fonçage à niveau plein, c'est-à-dire en creusant les puits par forage et en plaçant le revêtement imperméable sans épuiser ou refouler les eaux des morts-terrains.

Dès 1844, M. Combes, inspecteur général des mines de France, avait exprimé, dans son *Traité d'exploitation des*

mines, la pensée que l'on pourrait un jour arriver à creuser les puits à l'aide d'appareils mécaniques, c'est-à-dire faire des sondages d'un très-grand diamètre.

Le 23 octobre 1849, M. Kind, le célèbre sondeur, obtint un brevet d'invention pour son procédé de fonçage des puits à niveau plein.

De 1848 à 1854, il entreprit successivement, à la houillère de Stiring (Moselle), trois avaleresses qui ne furent pas menées à bonne fin.

En 1849, M. Mulot, également très-connu par ses travaux de sondage, et notamment par l'entreprise remarquable du puits artésien de Grenelle, fit de son côté une tentative d'avaleresse à niveau plein, sur la concession de *Hénin-Liétard* (Pas-de-Calais); mais son entreprise vint échouer aussi à l'établissement du cuvelage (1).

En 1852, je fus chargé, de concert avec M. Kind, de la direction du fonçage du puits Léopold de la houillère Dahlbusch (Westphalie). C'est là que nous avons employé pour la première fois la *boîte à mousse*, pour intercepter le passage de l'eau à la base du cuvelage. Cet appareil permit de faire un bétonnage serré sur toute la hauteur du revêtement, et, nous devons le dire, cette opération fut exécutée avec un très-grand soin, à l'aide de matériaux parfaitement hydrauliques. On ne procéda à l'épuisement des eaux que deux mois après le bétonnage, afin de laisser durcir le mortier, et celui-ci était parfaitement solidifié, ainsi qu'on a pu le constater ultérieurement. Mais le cuvelage du puits Léopold avait encore été fait d'après le procédé suivi jusque là par M. Kind et par M. Mulot, avec des douves en bois; c'est ce qui donna lieu à un accident grave : l'épuisement avait à peine atteint la profondeur de 60 mètres, que plusieurs pièces du cuvelage furent déplacées et qu'il se fit une large voie d'eau dans le puits.

(*) Notice de M. Lévy, *Bulletin de l'industrie minérale*, 7ᵉ année.

La société Belgo-Rhénane me confia le soin de réparer le travail, et c'est alors que je pris le parti de garnir le cuvelage en bois, sur toute sa hauteur, de cercles en fer qui permirent de le consolider.

Le puits Léopold est maintenant en pleine exploitation; on y extrait de 400 à 450 tonnes de charbon par jour. Son état de solidité ne laisse rien à désirer; le cuvelage donne lieu à quelques suintements aux joints, comme tous les revêtements en bois, mais on peut affirmer qu'il est dans des conditions aussi favorables que tous les cuvelages ordinaires.

Tel fut notre premier travail qui, sans avoir complétement réussi dès l'abord, a cependant été terminé d'une manière satisfaisante et dans d'assez bonnes conditions de dépenses.

Le second puits entrepris sous notre direction est celui dit de Saint-Vaast, commencé en septembre 1854. C'est là que, pour la première fois, nous avons employé le système complet breveté en notre faveur, c'est-à-dire *le cuvelage en fonte composé de tronçons annulaires, essayés avant leur emploi dans une cuve spéciale, se réunissant pour former un revêtement qui est rendu étanche sur toute sa hauteur, par des joints tournés parallèlement, et, à sa base, par une boîte à mousse; c'est ce cuvelage que l'on descend en place à l'aide d'un faux fond et d'une colonne centrale, ayant le double but de maintenir l'équilibre et de donner accès au-dessous de la base du revêtement* (*).

(*) Ainsi que nous l'avons déjà fait connaître dans nos publications antérieures, M. Kind, notre associé, avait eu primitivement l'idée des cuvelages en fonte, mais sans indiquer les moyens de les rendre pratiques. Nous renverrons à la spécification de nos brevets et au mémoire publié sur les travaux de Saint-Vaast, pour faire apprécier toute l'importance des études que nous avons faites pour arriver à l'application des cuvelages en fonte, qui est devenue aujourd'hui d'une simplicité incontestable.

Le travail de Saint-Vaast a réussi, c'est-à-dire que le cuvelage est bien étanche jusqu'à sa base, ainsi que nous en avons eu la preuve quand nous avons épuisé l'eau qui s'y trouvait. Mais, un forage fait au milieu du puits ayant rencontré des sables boulants, 35 mètres au-dessous du terrain imperméable sur lequel on avait assis le cuvelage, il devint impossible de continuer l'avaleresse par les procédés ordinaires, et il faudra, pour la porter au terrain houiller, reprendre le travail à niveau plein. C'est ce que, sans doute, la société qui possède ce puits n'hésitera pas à faire, lorsqu'elle aura achevé ses autres travaux de premier établissement.

La troisième avaleresse que nous avons exécutée par le procédé de fonçage à niveau plein est le puits d'aérage dit de Sainte-Marie, du charbonnage de Péronnes, commencé en juin 1859 et terminé au mois d'août 1860, avec un plein succès.

Les travaux de Saint-Vaast et de Péronnes (Sainte-Marie), ont été décrits dans un mémoire publié en 1860.

Depuis cette époque, nous avons entrepris cinq nouvelles avaleresses :

1° Le puits dit Sainte-Barbe, à Ressaix (Belgique), en 1862-63 ;

2° Les deux puits de la société de Saint-Avold et l'Hôpital, de 1862 à 1867 ;

3° Enfin les deux puits de Rotthausen (Westphalie), commencés en 1865.

Les travaux de l'Hôpital sont, par leur importance, les plus considérables de tous ceux que nous avons exécutés jusqu'à ce jour ; nous en avons donné récemment une description détaillée.

La présente notice complétera l'exposé de nos divers travaux.

Ainsi qu'il a été dit, le puits Sainte-Barbe, de Ressaix, est aujourd'hui en exploitation. L'une des avaleresses de

Rotthausen est complétement achevée depuis quelques semaines; enfin, le dernier puits en cours d'exécution dans cette dernière localité est en bonne voie d'achèvement. Ce sera notre huitième fonçage à niveau plein.

Avant de terminer cette note historique, je dois rappeler que feu M. Adolphe Devaux, inspecteur général des mines de Belgique, m'a beaucoup encouragé dans mes entreprises de fonçage à niveau plein; son concours n'a jamais fait défaut pour triompher des obstacles que nous avons rencontrés dans le cours des travaux.

Je signalerai aussi les agents placés sous mes ordres, qui ont coopéré activement à la réussite de nos opérations; ce sont : le chef sondeur Muller, pour les travaux de Saint-Vaast, de Péronnes et de Ressaix; M. l'ingénieur Chastelain, pour ceux de l'Hôpital; et M. Alphonse Vancranem, pour les puits de Westphalie.

Bruxelles, octobre 1867.

DE L'ACIER ET DE SA FABRICATION.

Par M. L. GRUNER,
Professeur de métallurgie à l'École des mines.

Depuis l'époque où M. Leplay a publié ses deux beaux mémoires sur le Yorkshire et le Nord de l'Europe (*Annales des mines* de 1843 et 1846), l'industrie de l'acier s'est considérablement modifiée. Nous avons fait connaître, M. Lan et moi, les progrès de cet art jusqu'en 1861 (*). Dès lors, la fabrication de l'acier, loin de se ralentir, s'est plus largement développée d'année en année. Aujourd'hui elle atteint des proportions colossales. On assiste au renouvellement complet des anciennes méthodes. L'exposition du Champ de Mars a permis de constater l'importance des produits et leur extrême variété, mais les procédés eux-mêmes ne pouvaient y être étudiés; et pourtant ce sont ces méthodes surtout qu'il importe de connaître. C'est le motif qui m'engage à exposer ici la situation actuelle du travail de l'acier, ou d'en marquer du moins les traits les plus saillants.

Nature de l'acier.

Qu'est-ce que l'acier? On a beaucoup discuté sur ce point depuis quelque temps, et l'on ne s'est pas entendu parce qu'on n'a pas défini le sens du mot. Tantôt on étend, tantôt on restreint outre mesure le domaine de l'acier. On part

(*) *État présent de la métallurgie du fer en Angleterre*, 1862, cinquième partie; fabrication de l'acier, p. 711.

d'un certain idéal théorique, et l'on refuse d'appeler acier tout ce qui sort du cadre tracé.

L'expérience prouve que l'on peut obtenir de la fonte et du fer malléable avec n'importe quel minerai de fer; mais les fontes et les fers produits ont des propriétés variables, parce que les minerais sont plus ou moins purs et que les méthodes de traitement ne réalisent pas toutes, au même degré, l'élimination des substances étrangères. On aura, selon les circonstances, un métal plus ou moins tenace ou cassant, dur ou mou, pur ou impur. Mais on n'en donnera pas moins à chacun de ces produits extrêmes le nom de *fonte* et de *fer*. Par le même motif, on devra nommer *acier*, tout produit intermédiaire qui ne sera ni fer doux ni fonte, quel que soit d'ailleurs son degré de pureté.

On peut appeler *fonte* le produit fondu *brut* de la réduction des minerais de fer. C'est un fer impur qui n'est pas malléable, au moins à chaud, mais peut se *tremper* par refroidissement brusque.

On donne le nom de *fer doux* au métal plus ou moins épuré, extrait de la fonte ou directement des minerais de fer, malléable à chaud et à froid, mais non susceptible de prendre la trempe.

Et le praticien appellera *acier* tout produit intermédiaire pouvant subir la trempe, mais restant malléable à chaud et à froid, s'il n'est pas trempé; et ce métal sera de l'acier, quelle que soit d'ailleurs la méthode suivie pour l'obtenir, extraction directe du minerai, affinage partiel de la fonte, ou recarburation du fer doux. D'après cela, par ses propriétés comme par sa fabrication, l'acier est compris entre la fonte et le fer doux. On ne peut même pas dire où commence, où finit l'acier. C'est une série continue qui part de la fonte noire la plus impure, et aboutit au fer doux le plus mou et le plus pur (*). La fonte passe à l'acier

(*) C'est ce que disait Karsten, en propres termes, dès 1823. On n'aurait jamais dû l'oublier. (*Annales des mines*, 1824, t. IX, p. 657.)

dur, en devenant malléable (acier naturel pour filières, le *Wildstahl* des Allemands); et l'acier proprement dit passe au fer, en donnant successivement de l'acier doux, de l'acier ferreux, du fer aciéreux, du fer à grains. Et ces passages s'observent non-seulement lorsque l'on compare les propriétés et le mode de fabrication des produits, mais encore leur composition chimique. Sans doute il est fort difficile, impossible même, de déterminer la composition rigoureuse des fontes, aciers et fers. Les éléments sont si variés et souvent en proportions si faibles, qu'en présence de l'énorme prépondérance du fer, leur dosage exact devient impossible. Mais ce qui ressort, en tout cas, des analyses faites, c'est que les mêmes éléments étrangers se retrouvent dans les fontes, les aciers et les fers, et qu'après tout ce qui différencie les trois produits, c'est uniquement, comme *Karsten* l'a établi depuis longtemps, les proportions relatives du carbone dont une partie est simplement mêlée au fer, l'autre intimement combinée, ou plutôt à l'état de dissolution.

On trouve étrange que quelques millièmes de carbone puissent modifier le fer doux au point de le faire passer à l'état d'acier. Aussi M. Rivot, dans sa Docimasie, semble-t-il admettre que les deux substances sont chimiquement identiques et ne diffèrent l'une de l'autre que par leur constitution moléculaire, constitution déjà préexistante dans les minerais, de telle façon que certains minerais seraient en quelque sorte prédestinés à donner de l'acier (*). Ce serait le cas de ceux que l'on connaît depuis longtemps sous le nom de *mines d'acier*. Sans vouloir discuter pour le moment cette ingénieuse hypothèse, je ne puis cependant ne pas observer que ces mêmes mines d'acier donnent tout aussi bien d'excellents fers doux; il suffit, pour les obtenir, de prolonger l'affinage. Puis ces fers doux redonnent de l'acier de première qualité lorsqu'on les chauffe au milieu du

(*) *Rivot*. Docimasie, t. III, p. 545.

charbon. Il semble donc plus naturel de supposer, et cela me paraît découler des faits que je vais rappeler, que les modifications si variées que subit le fer doux sont dues à l'intervention du carbone et de diverses autres substances étrangères. Il faut en excepter, bien entendu, les simples changements de densité, de texture et de ténacité que tous les métaux éprouvent, lorsqu'on favorise ou détruit leur état cristallin par la chaleur et les actions mécaniques.

Les modifications que la plupart des métaux subissent, sous l'influence de minimes proportions de substances étrangères, sont depuis longtemps connues, et l'on ne voit pas pourquoi il en serait autrement pour le fer. C'est une propriété générale des métaux que nous ne pouvons expliquer, mais qu'il faut bien admettre comme un fait. On sait que le cuivre est profondément modifié par des traces d'oxygène, de soufre ou de plomb; que quelques millièmes de fer altèrent la malléabilité du zinc et de l'étain. Et M. Fremy rappelle, à ce sujet, que $0^{m},0001$ de bismuth ou de plomb rend l'or cassant comme l'antimoine (*). On sait aussi que le chrome, le nickel, le tungstène, le titane, etc., durcissent le fer aussi bien que le carbone. Bref, l'influence considérable de ces minimes proportions de substances étrangères ne saurait être niée. Or les substances que l'on trouve unies au fer, dans les fontes, sont beaucoup plus nombreuses qu'on ne le croit généralement. M. Fremy mentionne le carbone, le silicium, le phosphore, l'arsenic, le soufre, le potassium, le sodium, le calcium, le magnésium, l'aluminium, le manganèse, le nickel, le chrome, le titane, le vanadium, le cuivre, l'azote, etc. (**), et les analyses que je vais citer donnent encore quelques autres éléments, tels que le cobalt, le molybdène, etc. On peut dire, d'une manière générale, que les fontes, comme tous les métaux

(*) *Comptes rendus*, t. LII, p. 1004.
(**) *Comptes rendus*, t. LII, p. 1001.

bruts, renferment une fraction de presque tous les éléments dont se compose le lit de fusion qui les a produits.

M. Fremy a cru devoir attribuer, dans ces derniers temps, une très-grande importance à la présence de l'azote. Pour ce savant, l'acier et les fontes les plus pures sont des composés, non de carbone et de fer seulement, mais des *azoto-carbures*, et ce serait ce radical complexe qui communiquerait à l'acier ses propriétés spéciales.

Plus tard M. Fremy dut néanmoins reconnaître que les fers doux aussi renferment de l'azote. Par suite, le radical *azoto-carburé*, s'il existe, ne saurait être un caractère distinctif des aciers. La série continue, *fonte—acier—fer doux*, n'en subsisterait pas moins. Mais l'azote ne semble pas jouer, dans ces composés, le rôle que leur attribue M. Frémy. La proportion d'azote est beaucoup plus faible que celle que l'on avait cru y trouver d'abord. M. Boussingault, auquel on doit, à ce point de vue, les analyses les plus exactes, a trouvé, dans une première série d'essais,

0,00057 d'azote dans l'acier fondu,
et 0,00124 dans le fer doux (*),
plus tard 0,00007 seulement dans l'acier fondu,
et la même proportion dans les fers doux,
enfin 0,00022 dans l'acier Krupp (**).

Il suit de là qu'il n'existe aucune relation fixe entre les proportions d'azote et de carbone; par suite, ils ne sauraient être unis sous forme d'un radical spécial. On voit même que, dans les aciers proprement dits, la teneur en azote n'atteint pas le dixième de celle du carbone, tandis que ce rapport est toujours plus fort dans les fers doux. La présence de l'azote semble donc plutôt, en quelque sorte, accidentelle. Elle paraît tenir à la propriété si géné-

(*) *Comptes rendus*, t. LII, p. 1261.
(**) *Comptes rendus*, t. LIII, p. 9.

male des corps solides de condenser les gaz dans les pores. En tous cas, ce qui est bien établi aujourd'hui, c'est que l'azote ne se rencontre dans l'acier qu'en proportions tout à fait minimes, et que si ce gaz était nécessaire à l'existence de l'acier, il serait plus nécessaire encore au fer doux et à la fonte.

Parmi les autres éléments étrangers, il en est plusieurs qui ne sont pas, à beaucoup près, aussi inoffensifs. Bien plus, les propriétés si variées des fers du commerce ne s'expliquent réellement que par ces éléments. Leur nombre est toujours assez élevé, et lorsqu'on réfléchit aux réactions si vives du travail des hauts fourneaux, il devient évident que même les fontes les plus pures doivent être des composés passablement complexes. C'est ce qui résulte des quelques analyses que je crois devoir citer.

On sait, depuis longtemps, que les fontes renferment toujours du carbone et du silicium, et habituellement aussi du soufre, du phosphore et du manganèse. Karsten, dans sa Métallurgie, cite aussi le calcium, le magnésium et le chrome, mais n'ose rien affirmer quant à l'aluminium (*).

La présence fréquente de ce dernier corps a été signalée d'abord par Schafhäutl vers 1840; aujourd'hui le fait est parfaitement établi, car on rencontre l'aluminium même dans les fontes obtenues, avec des lits de fusion peu alumineux. Les laitiers trisilicatés de la fonderie de canons de *Finspong* en Suède ne renferment que 3 pour 100 d'alumine, et pourtant ces fontes, d'après MM. *Eckmann* et *Eggertz*, se composent de (**) :

(*) *Édition française* 1830, t. I, p. 252.
(**) Brochure publiée sur Finspong en 1867, à l'occasion de l'Exposition universelle.

Fer.	93,660
Aluminium.	0,173
Manganèse.	0,190
Calcium et magnésium.	des traces.
Cuivre.	0,005
Silicium.	[illegible]
Phosphore.	[illegible]
Soufre.	0,120
Carbone.	3,920 dont 2,17 de graphite.
Total.	99,064

Durocher avait déjà publié, en 1856, d'après les *Annales du comptoir de fer de Stockholm*, plusieurs analyses de ces mêmes fontes de Finspong qui toutes accusent de l'aluminium, du calcium et du magnésium (*). On voyait aussi à l'Exposition une fonte de Suède, tenant, d'après M. Eggertz, 0,26 pour 100 de calcium et 0,16 pour 100 d'aluminium (**). Si les nombreuses analyses, publiées par Berthier, ne signalent dans les fontes aucun de ces métaux terreux, c'est qu'on n'y attachait alors aucune importance, et qu'on négligeait même à dessein la recherche de ces éléments. Mais il est évident que la fusion de tout minerai alumineux, doit donner des fontes plus ou moins riches en aluminium. On peut citer, sous ce rapport, les fontes grises provenant de nos minerais en grains, et les fontes noires d'Écosse obtenues avec les *blackbands* argileux par une allure très-chaude.

La présence d'un si grand nombre d'éléments étrangers rend l'analyse complète des fontes l'une des opérations les plus complexes de la chimie minérale, et pourtant on ne peut négliger la recherche d'aucune de ces substances, sous pré-

(*) *Annales des mines* 3ᵉ série, t. IX, p. 420. C'est à tort que Durocher a cru devoir conclure de l'une de ces analyses que le soufre augmente la ténacité des fontes grises, et que l'on produit à dessein, à Finspong, des fontes tenant 1 à 2 p. 100 de soufre. En réalité, on cherche plutôt à en ramener la dose à moins de 0,002. (Page 11 du mémoire de M. Rinman ci-dessous cité.)

(**) Quelques renseignements sur les fers et aciers de la Suède, par L. Rinman. 1867, p. 25.

texte qu'elle ne saurait exercer aucune influence sur la qualité des fers ou des aciers provenant de l'affinage de ces fontes.

Le dernier volume des *Archives de Karsten* (t. XXV, p. 235, année 1853) mentionne deux analyses qui suffiraient au besoin pour prouver combien les fontes sont des composés peu simples. Elles proviennent des usines de *Vekerhagen* et de *Holzhausen* dans la principauté de *Hessen-Cassel.* On y fondait, à l'air chaud et au charbon de bois, des minerais hydratés tertiaires. La première servait au moulage; elle était très-fluide, remplissait bien les moules, mais blanchissait en plaques minces et devenait alors cassante. Sa densité n'était que de 6,668. La seconde, celle de *Holzhausen*, était légèrement truitée, plus douce et plus tenace que la précédente, mais, comme celle-ci, d'une nuance mate dans les cassures fraîches, ce qui dénote, comme on sait, une proportion élevée de substances étrangères. Par ce même motif, sa densité était également faible, de 6,799 seulement. Les deux fontes donnaient un fort déchet à l'affinage. Pour l'analyse principale, on fit l'attaque avec un mélange d'acide chlorhydrique et de chlorate de potasse, et le résidu fut examiné à part.

Voici les résultats :

	FONTE de Vekerhagen.	FONTE de Holzhausen.
Carbone total	2,876	2,215
Silicium	2,748	1,981
Soufre	0,207	0,083
Phosphore	0,139	traces
Arsenic	0,421	0,068
Calcium	traces	0,352
Magnésium	0,146	0,895
Aluminium	0,082	0,272
Molybdène	0,184	0.014
Chrome	0,080	0,051
Vanadium	0,004	traces
Manganèse	8,953	2,814
Fer	83,383	90,718
	99,173	99,463

Dans les deux fontes, le résidu insoluble a fourni la majeure partie du manganèse et du silicium, savoir :

Dans celle de Vekerhagen.	Silicium. . .	2,668
	Manganèse.	6,871
Dans celle de Holzhausen.	Silicium. . .	1,345
	Manganèse.	2,814

Le résidu insoluble de la dernière fonte contenait en outre 0,167 d'aluminium et 0,133 de fer. On voit que, dans les fontes grises, riches en manganèse, le silicium paraît surtout uni à ce dernier corps. Et l'on sait en effet, par les recherches de MM. Brunner et Wöhler, que le manganèse se combine facilement, par voie de fusion, avec 11 à 12 p. 100 de silicium.

Ces analyses montrent que souvent les fontes grises renferment au delà de 10 p. 100 d'éléments étrangers, et que leur nombre est presque toujours considérable. Il en est certainement ainsi de la plupart des fontes noires, peu tenaces, produites sous l'influence d'une allure très-chaude. Mais même les fontes blanches, provenant de fers spathiques, généralement classées parmi les produits purs, ont en réalité aussi une composition très-complexe. Voici deux analyses de l'habile chimiste *Frésénius*. La première est celle de la fonte miroitante (*spiegeleisen*) de Müsen, obtenue en 1862 au charbon de bois avec les minerais du Stahlberg de Siegen (*). La densité du métal oscille entre 7,60 et 7,66.

(*) *État actuel de la métallurgie du fer dans le pays de Siegen*, par M. Jordan, p. 36.

Carbone total.	4,323
Silicium.	0,997
Azote.	0,014
Soufre.	0,014
Phosphore.	0,059
Arsenic.	0,007
Antimoine.	0,004
Sodium et lithium.	traces.
Potassium.	0,063
Calcium.	0,091
Magnésium.	0,045
Titane.	0,006
Aluminium.	0,077
Cuivre.	0,066
Cobalt.	traces.
Nickel.	0,016
Manganèse.	10,707
Fer.	82,860
Laitiers interposés.	0,665
Total.	100,014

La seconde est celle d'une fonte miroitante au coke, obtenue en 1864 à l'usine de Saint-Louis (Marseille), en fondant un mélange de minerais de fer et de manganèse. L'analyse a été faite à la demande de M. Jordan, alors directeur de l'usine en question, et c'est à son obligeance que je dois la communication des résultats trouvés. La fonte était blanche, mais présentait néanmoins quelque piqûres grises.

Carbone combiné.	4,040
Graphite.	0,126
Silicium.	0,584
Soufre.	0,035
Phosphore.	0,090
Arsenic.	0,032
Antimoine.	0,026
Magnésium.	0,058
Aluminium.	0,068
Cuivre.	0,046
Manganèse.	5,920
Fer.	88,781
Total.	99,806

On y a trouvé, en outre, des traces de calcium, cobalt, nickel et azote. Parmi les fontes les plus pures, on peut citer celle d'Eisenerz en Styrie, produite au charbon de bois, avec des minerais spathiques, en allure froide. La fonte blanche caverneuse, obtenue dans ces conditions, est composée, d'après le docteur Percy (*), de :

Carbone combiné.	3,79
Silicium	0,34
Soufre.	0,02
Phosphore.	0,07
Manganèse.	1,06
Calcium.	0,05
Magnésium.	0,02
Fer.	94,57
Total.	99,92

On voit que le fer peut retenir, même dans le cas d'une réduction peu énergique, du silicium et quelques dix-millièmes de métaux terreux. En résumé donc, les analyses précédentes, même en admettant qu'elles ne représentent pas rigoureusement la composition des fontes examinées, viennent pourtant à l'appui de la conclusion générale, ci-dessus énoncée, que le *fer brut retient une partie de tous les éléments qui se trouvent en présence au sein des hauts-fourneaux*. Or, maintenant que deviennent ces substances dans le travail pour acier?

Si l'acier s'obtient par voie d'affinage, il est évident *à priori*, et les analyses le prouvent, qu'on ne peut éliminer entièrement que les éléments qui sont, à la fois, très-oxydables et faiblement retenus par le fer. De ce nombre sont le manganèse, le calcium, le magnésium, etc. Par contre, l'aluminium, peu oxydable, d'après M. H. Sainte-Claire Deville, et intimement uni au fer, doit être plus difficile à enlever complétement; et, en effet, certains aciers fondus

(*) *Percy's Metallurgy*, Iron and Steel, p. 536.

renferment des traces de ce corps. La plupart des aciers ordinaires retiennent d'ailleurs du soufre, du phosphore et du silicium. Quant au cuivre des fontes, il se rencontre en majeure partie dans les aciers et les fers. Il suffit de rappeler les études de M. Lan sur le procédé Rivois (*) et celles de M. Bromeis sur le fer de Mâgdesprung au Hartz (**). Le bon acier naturel de Siegen contient également toujours 0,001 à 0,0016 de cuivre d'après Stengel, et 0,002 à 0,004 de silicium (***).

Dans un acier fondu de *Krupp*, pour canons, obtenu très-probablement par la simple fusion, au creuset, d'un mélange de fonte et de fer de Siegen, M. Abel, le directeur du bureau chimique du département de la guerre à Londres, a trouvé les éléments suivants (****) :

Carbone.	1,18
Silicium.	0,33
Phosphore.	0,02
Soufre.	0,00
Cobalt et nickel.	0,12
Cuivre.	0,30
Manganèse.	traces.
Fer.	98,05
Total.	100,00

Dans le Wootz indien, Henry a rencontré du silicium, du soufre et de l'arsenic.

M. l'ingénieur des mines Philipps a constaté, dans tous les aciers fondus de M. Trinquet de Saint-Étienne, du silicium, du cobalt et du nickel. La plupart ont été préparés en fondant, après cémentation, le fer des forges catalanes des Pyrénées ; quelques autres, en combinant, au creuset, de

(*) *Annales des mines*, t. XV, p. 103, 5e série.
(**) *Métallurgie chimique de Rammelsberg*, p. 161.
(***) *Archives de Karsten*, t. IX et X.
(****) *The artisan*, décembre 1856, et *Percy's Metallurgy*.

la fonte pure et du fer (*). Il suit de là que le fer doux devait déjà contenir, avant la cémentation, le nickel et le cobalt.

Enfin, l'acier puddlé d'Ebbwvale renferme, d'après M. Parry, l'habile chimiste de ce vaste établissement (**) :

Carbone	0,501
Silicium	0,106
Soufre	0,002
Phosphore	0,096
Manganèse	0,144
Fer	99,151
Total	100,000

Nous venons de montrer que le fer doux, comme l'acier, contient assez souvent du cuivre, du cobalt et du nickel, et l'on sait, d'autre part, depuis longtemps, d'après Karsten, que dans tous les fers doux il y a du carbone, du silicium, du soufre et du phosphore. Ainsi, en réalité, l'acier et le fer doux sont des composés presque aussi complexes que les fontes. Les proportions seules sont moindres. On y trouve, à quelques exceptions près, au moins des traces de tous les éléments dont se composent les fontes, et chacun de ces éléments, on le conçoit, doit plus ou moins modifier les propriétés spéciales des fontes, fers et aciers.

Or, parmi les éléments il en est un qui doit spécialement nous occuper, c'est le *carbone*. Il est en effet facile de montrer, par l'examen des aciers Bessemer, préparés en Suède et en Autriche, que la dureté et la propriété de se tremper dépendent essentiellement de la proportion de carbone dissous.

On distingue en Suède, d'après la dureté, mesurée à la suite de la trempe, neuf sortes d'acier Bessemer (***). On les désigne par les n[os] 1, 1 1/2, 2, 2 1/2,... jusqu'à 5, en

(*) *Annales des mines* 1848, t. XIV, p. 326.

(**) *Percy's Metallurgy*, p. 797.

(***) Mémoire allemand de M. Boman, *Sur le procédé Bessemer en Suède.*

allant du plus dur au plus doux; et l'analyse a donné, à l'usine de Siljansfors, à très-peu près, les teneurs suivantes en carbone :

Le n°	1	2,00	pour 100
	1 1/2	1,75	—
	2	1,50	—
	2 1/2	1,25	—
	3	1,00	—
	3 1/2	0,75	—
	4	0,50	—
	4 1/2	0,25	—
	5	0.05	—

Le n° 1 relie la fonte blanche à l'acier le plus dur; on peut à peine le forger, et il ne se soude pas.

Le n° 1 1/2 commence à supporter assez bien le forgeage, mais ne se soude pas encore.

Le n° 2 se forge bien, mais ne se soude pas.

Le n° 2 1/2 se forge bien et commence à se souder, quoique difficilement.

Le n° 3 se forge très-bien et se soude entre les mains d'un ouvrier habile. C'est l'acier *dur*.

Le n° 3 1/2 se forge très-bien et se soude bien. C'est l'acier *ordinaire*.

Le n° 4 se forge et se soude très-bien. C'est l'acier *doux*.

Le n° 4 1/2 se forge et se soude très-bien, mais se trempe peu. C'est le *fer dur* ou *fer à grains*.

Le n° 5 se forge et se soude très-bien, mais ne se trempe pas. C'est le *fer doux* fondu ou fer *homogène*.

Il faut remarquer cependant que les teneurs en carbone, que je viens de citer, ne sauraient avoir une valeur absolue, au point de vue de la trempe, ou de la facilité du soudage et de l'étirage. Plus un acier est pur et plus élevée pourra être la dose en carbone, sans que le métal perde la faculté de pouvoir se souder et se forger. La plupart des substances étrangères, à part quelques métaux spéciaux,

comme le tungstène, le titane, le nickel, etc., rendent l'acier aigre et lui ôtent sa soudabilité, dès que le carbone dépasse une certaine limite. Observons aussi que, toutes choses égales d'ailleurs, la limite en question est d'autant moins élevée que les substances étrangères sont plus abondantes. D'après cela, les aciers Bessemer, fabriqués en France, et surtout en Angleterre, doivent en général tenir moins de carbone que les aciers suédois. On les fabrique, en effet, avec des fontes moins pures, et l'on sait que l'acier Bessemer, ou plutôt le *métal* Bessemer, renferme rarement, en Angleterre, assez de carbone pour prendre la trempe. Dès que l'on force la dose en carbone, le produit devient plus ou moins aigre.

En Autriche, où l'on traite, comme en Suède, dans l'appareil Bessemer, des fontes très-pures, on obtient de même des produits supérieurs. M. Tunner, l'éminent métallurgiste de Léoben, a fait adopter un système de classification peu différent de celui de la Suède. Il a pourtant supprimé les deux premiers numéros suédois, qui sont plutôt de la fonte blanche, et il a remplacé les demi-numéros par des numéros entiers croissant depuis 1 jusqu'à 7.

Le classement théorique est, d'après cela, le suivant (*):

Le n° 1, à 1,50 p. 100 de carbone, est de l'acier malléable, mais non encore soudable. Correspond au n° 2 de l'échelle suédoise.

Le n° 2, à 1,25 p. 100 de carbone, est de l'acier malléable, mais difficilement soudable.

Le n° 3, à 1 p. 100 de carbone, est de l'acier très-malléable qui peut se souder si l'ouvrier est habile. C'est l'acier *dur*.

Le n° 4, à 0.75 p. 100 de carbone, est de l'acier très-malléable, facile à souder. C'est l'acier *ordinaire*.

(*) *Oestreichische Zeitschrift für Berg und Hüttenwesen*, année 1865, p. 153.

Le n° 5, à 0,50 p. 100 de carbone, est à la fois très-malléable et très-facile à souder. C'est l'acier *doux*.

Le n° 6 renferme 0,25 p. 100 de carbone. C'est le fer à *grains*, qui se trempe à peine.

Le n° 7, à 0,05 p. 100 de carbone, est du fer *doux* homogène, qui ne se trempe pas.

Lorsque l'affinage est poussé trop loin, on obtient un métal plus tendre encore que le n° 7. Il est *court*, sans ténacité. C'est le fer *brûlé* des forgerons; un fer oxygéné, et non azoté, comme le pensait M. Fremy.

Le classement théorique a été vérifié à l'usine de Heft, en Carinthie. Voici les teneurs en carbone fournies par l'analyse :

	D'après le mémoire ci-dessus cité de M. Tunner.	D'après les notes relevées à l'Exposition (*).
Le n° 2 a donné en carbone. .	1,35 pour 100	»
Le n° 3.	1,15 —	1,00 à 1,10 pour 100
Le n° 4.	0,85 —	0,75 à 0,85 —
Le n° 5.	0,72 —	0,42
Le n° 6.	0,53 —	0,25
Le n° 7.	0,11 —	»

(*) On voyait également, à l'Exposition, une série pareille d'aciers Bessemer, provenant de Fagersta en Suède, et tenant depuis 0,10 à 1,30 p. 100 de carbone.

A l'usine impériale de Neuberg, en Styrie, les teneurs en carbone, d'après une note publiée à l'occasion de l'Exposition, sont les suivantes :

NUMÉROS de dureté.	TENEURS en carbone.	OBSERVATIONS.
N° 1	1,58 à 1,38 pour 100	Ne peuvent se souder et s'emploient rarement.
N° 2	1,38 à 1,12 —	
N° 3	1,12 à 0,88 —	Se soude facilement. Employé pour trépans, ciseaux, etc.
N° 4	0,88 à 0,62 —	Employé pour outils tranchants, limes, etc.
N° 5	0,62 à 0,38 —	Acier doux pour bandages, etc.
N° 6	0,38 à 0,15 —	Se trempe peu; acier pour tôles de chaudières et essieux.
N° 7	0,15 à 0,05 —	Ne se trempe pas. Acier pour pièces de machines.

Ces résultats montrent que 1/4 p. 100 de carbone en plus ou en moins suffit pour faire passer l'acier d'une classe à une autre. Ils confirment pleinement l'ancienne théorie, selon laquelle le degré d'aciération est, toutes choses égales d'ailleurs, à peu près proportionnel à la teneur en carbone. Je dis *toutes choses égales d'ailleurs*, car je tiens à le répéter, d'autres éléments peuvent rehausser ou contrarier la facilité du soudage, augmenter ou diminuer la dureté après trempe et rendre le métal plus ou moins aigre, ou tenace, en sorte que les proportions ci-dessus indiquées n'ont, en réalité, qu'une valeur relative. Malgré cela, on peut certainement affirmer que *c'est de la teneur en carbone que dépendent surtout les qualités de l'acier.*

On attache avec raison, en Suède ou en Autriche, une très-grande importance au classement des aciers Bessemer. Si l'on veut faire accepter par le commerce le produit nouveau, il faut distinguer avec soin les aciers durs, pour instruments tranchants (les n°s 2 et 3 de l'échelle autrichienne), des aciers moyens pour ressorts, pièces de machine et bandages (les n°s 4 et 5), et ne pas confondre ceux-ci avec les aciers extra doux (fers *homogènes*), employés pour tôle, essieux, canons de fusil, etc. (les n°s 6 et 7). Aussi, dans ces deux pays, marque-t-on chaque barre, avant de la livrer aux consommateurs, du numéro de la classe à laquelle elle appartient. Il serait certainement utile qu'un pareil usage prévalût aussi dans les usines anglaises et françaises.

On fabrique rarement, dans les usines d'Autriche, les n°s 1 et 7 : le premier, à cause de son extrême dureté qui conduit à l'aigreur; le dernier, à cause de sa moindre ténacité.

Entre les n°s 2 et 6, la ténacité varie peu (*); mais l'allon-

(*) D'après la note déjà citée de Neuberg, la ténacité absolue semblerait décroître régulièrement avec la proportion de carbone. Mais cela n'est pas confirmé entièrement par les observations faites en Suède et ailleurs. Cependant les aciers peu carburés sont bien en général les moins tenaces.

gement que subit la barre, avant de se rompre, est d'autant plus grand que la teneur en carbone est plus faible. Dans la section suédoise de l'Exposition, se trouvaient de nombreuses barres cylindriques éprouvées ainsi. A côté de chaque barre, on a noté le poids qui a occasionné la rupture, le rapport entre la section de rupture et la section primitive et la teneur en carbone de l'échantillon éprouvé. Quoique ces teneurs paraissent avoir été déterminées par la méthode Eggertz et n'offrent peut-être pas toute la rigueur désirable, les chiffres ont cependant une valeur relative, et je crois devoir les citer par ce motif. Les aciers proviennent de l'usine de Fagersta, près de Norberg.

L'acier à 1,2 p. 100 de carbone s'est rompu net sans aucun allongement. Les aciers plus doux ont donné les résultats suivants :

Teneur en carbonne.	Poids qui a opéré la rupture par millimètre quarré.	Rapport de la section étirée à la section primitive.
1,00 p. 100	95 à 109 kil.	0,91 à 0,95
0,70 —	86 à 102 —	0,80 à 0,90
0,45 —	90 à 103 —	0,68
0,35 —	135k,8	0,36

Un acier plus doux encore, sorte de fer homogène de 0,1 à 0,3 p. 100 de carbone, sert à Fagersta pour les canons de fusil. Sous une charge à outrance, le métal se dilate et se déchire sans voler en éclats.

La même usine a exposé un acier extra dur tenant 1,5 p. 100 de carbone, à l'aide duquel on peut percer l'acier à 1 p. 100, même trempé.

A Neuberg l'acier n° 3 s'allonge de 5 p. 100 avant de rompre. Le n° 4, de 5 à 10 p. 100. Le n° 5, de 10 à 20 p. 100. Le n° 6, de 20 à 25 p. 100, et le n° 7 de 20 à 30 p. 100.

Disons encore que, d'après M. Vickers de Sheffield, la

ténacité des aciers diminue dès que la teneur en carbone dépasse 1,25 p. 100 (*Journal de Léoben*, par Tunner, t. XV, p. 300).

En résumé donc, il résulte de tout ce qui précède que les fers, les aciers et les fontes du commerce sont des composés analogues de fer et de carbone, toujours unis à quelques autres substances étrangères; que les propriétés spéciales de ces divers fers dépendent surtout de leur pureté et des proportions de carbone combiné; qu'enfin une chaîne non interrompue lie les fers doux les moins carburés aux aciers et ceux-ci aux fontes.

On sait d'ailleurs, depuis longtemps, que, dans les fontes blanches et les aciers trempés, tout le carbone est réellement combiné ou dissous, tandis que, dans les fontes grises et les aciers non trempés, une partie de carbone reste isolé sous forme de graphite.

M. Caron a récemment montré que le martelage des aciers chauds produit le même effet que la trempe, et il conclut de là que le martelage, comme la trempe, produit la combinaison du carbone et du fer (*). Je croirais plutôt que le martelage comme la trempe empêche la séparation des deux substances déjà unies. On sait, par les phénomènes qui se passent dans les hauts fourneaux et dans les caisses de cémentation, que le fer dissout d'autant plus de carbone que la température est plus élevée et plus longtemps soutenue, tandis que, par refroidissement lent, l'excès de carbone se sépare de nouveau. Mais il faut, dans les corps mous, pour le mouvement des molécules, un certain temps. Si donc le refroidissement est brusque, le carbone ne peut s'isoler; il se produit une sorte de sursaturation. Le martelage produit le même effet, mais plutôt, à mon avis, parce qu'il empêche la cristallisation isolée du fer et du carbone en rapprochant et pétrissant sans cesse les molécules des

(*) *Comptes rendus*, t. LVI, p. 46 et 212.

deux corps. Ce qui prouve que la trempe et le martelage ne peuvent agir de la même façon, c'est que le martelage, comme on sait, accroît la densité, tandis que la trempe la diminue. M. Caron a découvert, en effet, ce fait très-curieux qu'une barre d'acier se raccourcit par l'effet de trempes successives en grossissant transversalement; de telle sorte qu'en définitive, il y a accroissement de volume.

Méthodes de fabrication.

L'acier peut s'obtenir par deux méthodes : d'une part, comme le fer doux, par *affinage direct;* d'autre part, à l'aide de ce fer doux, par *recarburation.* Avec une fonte donnée, la dernière méthode donnera nécessairement un produit plus pur que la première. En prolongeant l'affinage jusqu'au fer doux, on expulsera les matières étrangères d'une façon plus complète. Mais le procédé sera plus coûteux, parce qu'aux frais d'affinage on ajoutera ceux de la recarburation. Malgré cela, on l'applique dans deux cas très-différents, qui correspondent exactement aux deux cas extrêmes où l'on fait usage de l'*extraprocess*, dans le traitement du cuivre en Angleterre.

En premier lieu, on y a recours lorsqu'on veut produire de l'acier *tout à fait supérieur* en partant de fontes de première qualité. C'est la fonte de Danemora, transformée en fer, puis ce fer, cémenté en Angleterre pour acier surfin.

En second lieu, on en fait usage lorsqu'on veut obtenir l'acier *commun* avec des fontes *ordinaires*, qui ne peuvent être affinées que pour fer doux, à cause de la surabondance des matières étrangères. Telles sont les fontes anglaises de minerais houillers, que l'on transforme en acier fondu pour rails, en appliquant aux fers puddlés la méthode de recarburation imaginée par M. Parry d'Ebbwvale, ou, plus simplement, la fusion au creuset avec addition de charbon ou de fonte pure.

Mais avant de nous occuper de la méthode *indirecte*, voyons d'abord en quoi consiste l'*affinage direct*.

Dans l'affinage de la fonte, pour fer ou acier, on peut suivre trois voies différentes.

On peut : 1° opérer sur la fonte *solide*, à température plus ou moins élevée mais sans fusion. Le produit est de la fonte *malléable ordinaire*, lorsqu'on décarbure complétement, et de la fonte *malléable aciéreuse* (le *glühstahl* des Allemands), en cas d'affinage partiel.

On peut : 2° opérer sur la fonte *pâteuse* ou *fluide*, de façon à obtenir un produit *solide*, qui sera, selon le degré de décarburation, du fer doux ou de l'acier naturel, c'est-à-dire le fer ou acier de *forge* des bas foyers, et le fer ou acier *puddlé* des réverbères. Au lieu d'affiner la fonte proprement dite, on peut d'ailleurs traiter, de la même manière, les éponges extraites directement des minerais par les méthodes catalane et Chenot.

On peut : 3° enfin traiter la fonte fluide a une température assez élevée pour que le produit lui-même demeure *fluide*. On y parvient par les procédés dits de *réaction*, et par l'affinage *Bessemer*. Selon le degré de la décarburation, on aura ou de l'acier fondu ordinaire ou du fer fondu ; ce dernier est appelé, depuis peu, fer ou métal *homogène*. D'après le docteur Percy, ce nom paraît avoir été adopté, en premier lieu, par Joseph Bernett Howell de Sheffield, dans son brevet de 1856. On peut enfin décarburer moins encore et obtenir un produit intermédiaire entre l'acier et la fonte. C'est le *Fein eisen*, ou *Reineisen*, et le *Hartguss* des Allemands. J'adopterai pour ces produits mixtes le terme de *fonte raffinée*.

Passons en revue ces divers procédés, en nous arrêtant surtout à ceux qui offrent des particularités nouvelles.

I. AFFINAGE DIRECT SANS FUSION.

L'affinage direct sans fusion consiste à oxyder lentement le carbone de la fonte, par voie de grillage, ou par des agents oxydants solides. On se sert spécialement de ces derniers, et cette décarburation en vases clos, par cémentation oxydante, est due à Réaumur qui recommande, pour adoucir la fonte, de la chauffer au milieu du fer brûlé, alors appelé *safran de mars* (*).

Des trois méthodes directes, c'est évidemment la moins parfaite, car si les éléments étrangers peuvent tous être oxydés, on ne peut réellement éliminer que ceux dont les produits oxydés sont volatils, le carbone, le soufre et l'arsenic. Elle ne peut donc être appliquée qu'à des fontes très-pures, et comme le graphite est difficile à oxyder, il faut encore qu'elles soient blanches ou rendues blanches par la refonte. On se sert surtout de fontes au bois, obtenues dans le nord de l'Angleterre, avec des hématites rouges. On peut se servir aussi de fontes blanches, provenant de fers spathiques, mais il faut que par la refonte (sorte de mazéage) elles soient en majeure partie privées de manganèse, qui rend le fer et l'acier cassants, comme l'a prouvé depuis longtemps Bréant (**) et confirmé récemment M. Caron (***).

L'analyse suivante du docteur Miller, citée par M. Percy (****), prouve que le carbone combiné est presque seul oxydé.

(*) *Réaumur. Art de fabriquer l'acier*, 1722, p. 472.
(**) *Annales des mines*, 1e série, 1824, t. IX, p. 326.
(***) *Comptes rendus*, t. LVI, p. 828.
(****) *Percy's Metallurgy*, t. II, p. 111.

Composition de la fonte avant l'affinage.	Composition de la fonte malléable.
Carbone combiné. . . . . 2,217 pour 100	0,434 pour 100
Graphite. . . . . 0,583 —	0,446 —
Silicium. . . . . 0,951 —	0,409 —
Soufre. . . . . 0,015 —	0,000 —
Aluminium et phosphore. . . . traces.	traces.

On voit que le soufre est complétement éliminé, et il semblerait même qu'une partie du silicium l'est également, mais le silicium disparu, doit certainement exister, sous forme de silice ou de silicate de fer, entre les particules du produit adouci. M. Tunner affirme cependant aussi que le silicium est en partie éliminé; mais j'avoue que j'ai quelque peine à concevoir la possibilité du fait, s'il est réellement question d'une véritable élimination, et non pas d'une simple oxydation partielle du silicium (*).

Je citerai encore l'analyse suivante d'une fonte malléable, préparée à Saint Étienne. Elle est due à M. l'ingénieur des mines Philipps (**).

Carbone.	0,54 pour 100
Silicium.	0,44 —

On n'a pas cherché le soufre, etc.

La fonte malléable peut se forger, mais c'est un produit peu tenace et peu dense, et l'on ne peut s'en étonner en présence des 0,004 à 0,005 de silicium constatés par les deux analyses que je viens de citer.

La fonte malléable *aciéreuse* ne diffère de la fonte malléable proprement dite que parce qu'on y laisse une proportion plus élevée de carbone. Il faut pour cela une fonte plus pure encore, une fonte blanche convenablement finée. Le métal qui nous occupe, le *Glühstahl* des Allemands, a

(*) *Stabeisen und Stahlbereitung*, t. II, p. 49.
(**) *Annales des mines* 1848, t. XIV, p. 327.

été surtout fabriqué par M. de Mayr de Léoben (Styrie). On peut le forger, et l'on a pu en faire des limes, mais le produit reste aigre. Aussi, depuis peu, à cause du bas prix de l'acier Bessemer, M. de Mayr a de nouveau renoncé à cette fabrication, et l'on peut même dire que la méthode d'affinage, par voie de cémentation oxydante, n'a réellement plus de raison d'être.

II. AFFINAGE DE LA FONTE FLUIDE, AVEC PRODUITS AFFINÉS SOLIDES.

C'est la méthode d'affinage ordinaire pour fer et acier.

Au bas foyer, on obtient le fer au bois et l'acier de forge.

Au réverbère, le fer et l'acier puddlés.

On connaît ces méthodes de traitement ; je ne me propose pas de les décrire de nouveau. Je dirai seulement que le travail au bas foyer, à cause de la cherté croissante du charbon de bois, du prix peu élevé des fers et des perfectionnements apportés au puddlage, tend rapidement à disparaître, si ce n'est dans les contrées, comme les Alpes, l'Oural et la Suède, où le minerai est très-pur et le bois encore abondant. Partout ailleurs, le puddlage le remplace graduellement; mais le réverbère lui-même, comme le bas foyer, donne des produits impurs. Dans les deux cas, on a des loupes, dont on ne peut expulser toutes les scories. C'est une éponge imbibée de silicates. Entre les particules ferreuses, il y a solution de continuité et, par suite, défaut d'adhérence ou de ténacité d'autant plus sensible que les loupes sont plus fortes (*).

Ce faible poids des loupes est un défaut grave de la mé-

(*) La bonté exceptionnelle du fer pris par *attachement*, dans certaines forges allemandes, est précisément due à la petitesse des lopins et à la haute température qui favorise la fusion des particules scoriacées.

thode en question. On ne peut avoir de grosses pièces de fer qu'en assemblant par soudage une série de barres. Or ce soudage est toujours imparfait au centre des paquets.

A cela vient encore se joindre une autre difficulté. Dès qu'une grosse pièce de fer est maintenue chaude sans être étirée, elle tend à prendre l'état cristallin. On connaît, par les expériences de M. Tresca, la semi-fluidité des corps solides mous. A cette température, les molécules du fer sont mobiles et peuvent se grouper en cristaux réguliers. C'est ce qui arrive au centre de toute grosse pièce qui se refroidit lentement. On ne peut combattre cette tendance à former des cristaux que par le refroidissement brusque; mais il faut alors détruire, par un recuit faible, la trempe que subit l'extérieur de la masse. C'est la préparation à laquelle on soumet les plaques de blindage et qu'il faudrait adopter pour toute grosse pièce de forge.

L'Exposition était remarquable à ce point de vue; on y voyait des spécimens de 15 à 30.000 kilogrammes chez MM. Petin et Gaudet, Marel frères, Lacombe et Russéry, le Creusot, etc. Sous le rapport de la qualité des fers, comme sous le rapport du poids des masses, le travail des fers puddlés a fait d'énormes progrès. Mais un défaut capital subsiste toujours, et il est inhérent à la méthode même. On ne peut avoir des fers ou des aciers tenaces et propres, une matière véritablement homogène, tant que le produit affiné n'est pas liquide et ne peut être coulé sous forme de *lingot.* Or c'est là surtout ce qui caractérise le troisième mode d'affinage et lui donne une si grande valeur. C'est l'avenir de la métallurgie du fer et le motif qui nous engage à nous en occuper spécialement. Mais auparavant, signalons quelques essais dont les résultats n'ont pas été heureux et ne pouvaient l'être.

Plusieurs métallurgistes avaient pensé qu'au lieu de fondre les minerais au haut fourneau, il vaudrait mieux les réduire simplement à l'état d'*éponges douces* ou *d'éponges*

carburées. En opérant à une température moins élevée, on espérait obtenir des produits plus purs et consommer moins de combustible. On s'est gravement trompé. Lorsqu'on prépare des éponges, au lieu de fonte, on a des loupes moins pures encore, puisqu'elles renferment, en sus des scories ordinaires, les matières terreuses du minerai. Et si l'on fond les éponges dans des creusets, au lieu de les forger directement sous forme de loupes, on aura, à la vérité, un produit homogène, mais ce sera du fer ou de l'acier brut de qualité inférieure, à moins que l'éponge ferreuse ne subisse l'affinage comme la fonte. C'est ce qu'il a fallu faire avec les éponges Chenot à l'usine de Baracaldo, située en Espagne, près de Bilbao. Mais il y a plus : on pensait réduire le minerai à l'aide d'un simple mélange de gaz combustibles, et l'on n'a pas songé que, si l'oxyde de carbone et l'hydrogène réduisent l'oxyde de fer, l'acide carbonique et la vapeur d'eau oxydent le fer métallique; en sorte que, pour obtenir du fer avec les gaz seuls, il faut nécessairement opérer avec un grand excès d'oxyde de carbone et d'hydrogène, ou bien faire intervenir le carbone solide, comme dans les hauts fourneaux, afin de réduire sans cesse à nouveau les gaz devenus oxydants par l'action de l'oxyde de fer. Il convient de rappeler à ce sujet que, d'après M. Debray, on ne peut réduire le peroxyde de fer à l'état de fer métallique, à moins de quatre équivalents d'hydrogène par équivalent de vapeur d'eau, tandis que si la proportion d'hydrogène est moindre, on le ramène seulement à l'état de protoxyde noir. Il en est de même d'un mélange de $CO^2 + CO$; pour avoir du fer, il faut plus d'un équivalent d'oxyde de carbone par équivalent d'acide carbonique (*). Dans les méthodes directes, qui ont en vue la suppression des hauts fourneaux, on ne peut donc se passer d'une addition de charbon mêlé au minerai, et c'est là ce qui ôte tout

(*) *Comptes rendus*, t. XLV, p. 1018.

avantage aux méthodes imaginées par Chenot en France, Renton en Amérique, Gurlt en Allemagne, etc.

III. AFFINAGE DE LA FONTE FLUIDE, AVEC PRODUITS AFFINÉS FLUIDES.

On affine la fonte à une température assez élevée pour obtenir, comme produit épuré, de l'acier fondu, ou du fer dit *homogène*. Tout étant fluide, les scories se séparent complétement du produit métallique, comme dans les hauts fourneaux. On a des lingots homogènes qui, par cela même, sont beaucoup plus tenaces que les loupes de la méthode précédente. C'est l'avantage des procédés dont il nous reste à parler et tout le secret de leur supériorité. Mais aussi cette supériorité incontestée renferme en germe la complète transformation du travail du fer.

Ce troisième mode d'affinage comprend divers procédés. Le plus remarquable et le plus répandu, en ce moment du moins, est le procédé *Bessemer*. Comme variante, on peut citer le procédé *Bérard*. Dans les deux cas, l'affinage s'opère essentiellement par l'oxygène de l'air.

Mais on peut aussi affiner au moyen d'agents solides, tels que le fer et l'oxyde de fer; c'est la méthode dite *par réaction*, déjà indiquée par *Réaumur* et même par *Vanaccio* pour l'acier *de forge*, puis recommandée pour l'acier *fondu* par *Clouet*, *Mushet*, *Hassenfratz*, le capitaine *Uchatius*, etc. La fusion se faisait alors au creuset, comme dans les usines où l'on fond l'acier cémenté, tandis que maintenant on a recours au four à réverbère. *Hassenfratz* parle de ce dernier four dès 1812. MM. *Heath*, John-Davie *Stirling* et *Bessemer* l'ont essayé en Angleterre, le premier en 1845, les deux derniers en 1854 et 1855. Plus tard, en 1858, M. Sudre et MM. Petin et Gaudet s'en sont servis momentanément en France; mais le procédé n'est devenu pratique qu'à la suite des tentatives prolongées du commandant *Alexandre*, dans

les fonderies impériales de Villeneuve et de Ruelle, en 1861 et 1862, et surtout par les soins de M. P. Martin, dans son usine de Sireuil, depuis 1865. Disons quelques mots de chacun de ces procédés.

Procédé Bessemer.

Appareils Bessemer en France. — Les appareils Bessemer sont aujourd'hui répandus en tous pays ; l'Exposition universelle en a fourni la preuve. En France, on marche, d'une façon régulière, à Imphy, Assailly, Terre-Noire et Mutterhausen ; à titre d'essais, dans quelques autres usines. L'expérience acquise confirme, en général, les conclusions de mes deux mémoires de 1861 et 1862. On a partout constaté que pour avoir de bons produits, il fallait des fontes pures. L'affinage ne réussit qu'à cette condition. Les espérances contraires de M. Fremy ne se sont pas réalisées jusqu'à présent. Les fontes les plus convenables pour acier Bessemer s'obtiennent en France avec les minerais des Pyrénées (massifs du Canigou et de Vicdessos) et avec les fers oxydulés de Mokta-el-Hadid (Bône) et de l'île de Sardaigne. Les fers spathiques des Alpes conviendraient également, et probablement aussi les hématites manganésifères du Périgord et certains minerais en grains du centre de la France.

Les minerais des Pyrénées sont des hématites brunes et des fers spathiques plus ou moins décomposés. On les traite dans les hauts fourneaux de Ria, la Nouvelle, Berdoulet, Pamiers, etc. Ceux de Bône et de l'île de Sardaigne ressemblent aux minerais de Suède ; ils rendent 60 à 65 p. 100 de fonte légèrement manganésifère. Dans quelques établissements, on augmente la teneur en manganèse en ajoutant, au lit de fusion, du minerai de la *Garrucha* (sud de l'Espagne) ou même de l'oxyde de manganèse.

Le fer oxydulé de l'île de Sardaigne est fondu à Givors dans les hauts fourneaux au coke de la Cie Petin et Gaudet.

Le minerai de Mokta, à Terre-Noire, Saint-Louis, Vienne, Givors (hauts fourneaux de la Rochette), Chasse, le Creusot, etc., et c'est grâce à ce même minerai que le Creusot produit aujourd'hui des fers à la houille de qualité supérieure.

Dans les usines Bessemer, on applique partout, en France, la méthode anglaise, c'est-à-dire le four mobile avec addition de fonte miroitante pure, pour la recarburation du fer brûlé. On ne réussit qu'en se servant de fontes grises. Lorsqu'on traite des fontes blanches peu siliceuses, la réaction immédiate de l'oxyde de fer sur le carbone, et le dégagement de l'oxyde de carbone, qui en est la suite, empêchent l'échauffement de la masse. Celle-ci reste pâteuse, et ce manque de fluidité amène des explosions. Lorsqu'au contraire la fonte renferme du silicium et un peu de manganèse, la masse s'échauffe davantage, parce qu'il ne se forme, à l'origine, que des produits oxydés solides. Pour que l'opération réussisse, il faut donc que la première période, celle de la *scorification*, ou du *mazéage*, soit relativement longue. M. Jordan observe, dans son intéressant mémoire sur les usines à fer du pays de Siegen, qu'un excès de manganèse peut également provoquer des explosions, et que les fontes grises ne devraient jamais en renfermer au delà de 2 p. 100 (*).

La même observation a été faite en France; seulement la limite de 2 p. 100 n'est pas absolue : elle doit varier

(*) *État de la métallurgie du fer dans le pays de Siegen*, 1864, p. 32. — M. Jordan dit, au sujet de ces explosions : « Elles sont « peut-être dues à la facilité avec laquelle le manganèse absor- « berait l'oxygène à une certaine température et le dégagerait à « une température moins élevée. » Cette explication me paraît difficilement admissible. Les explosions doivent plutôt provenir de la proportion élevée de carbone que renferment toujours les fontes manganésifères, et probablement aussi de l'état réfractaire du manganèse métallique, qui rend les fontes moins fluides. Enfin, il ne faut pas oublier que les fontes riches en manganèse sont peu chargées en silicium; circonstance qui facilite la réaction des oxydes sur le carbone.

avec les proportions relatives de silicium et de carbone. On sait que, toutes choses égales d'ailleurs, une fonte est d'autant moins chargée en silicium, et souvent d'autant plus carburée, que la charge des hauts fourneaux est plus riche en manganèse. En tous cas l'influence fâcheuse de l'excès de manganèse sur la marche de l'appareil Bessemer a été partout constatée.

Jusqu'à présent les appareils Bessemer ont été alimentés, en France comme en Angleterre, avec de la fonte refondue au réverbère. L'usine de *Terre-Noire* s'est la première affranchie de cette sujétion, imitant en cela la pratique adoptée, depuis quelque temps déjà, par la Suède et l'Autriche, dans le traitement des fontes au bois. L'usine de Terre-Noire possède deux convertisseurs de 3 ou 4 000 kilog. chacun; ils fonctionnent plusieurs fois par jour. On affine directement presque toute la production de l'un des hauts fourneaux (*). Lorsque la fonte est grise, la durée ordinaire des opérations atteint 20 à 25 minutes; elle est de 15 seulement, dès que la fonte blanchit sur les bords. Les explosions sont alors fréquentes, parce que le métal reste un peu froid. Les résultats précis du traitement me sont inconnus, mais on obtient, en tous cas, au moins 80 p. 100 de produits marchands; et ce qui prouve l'économie du procédé, c'est que cette usine vient de soumissionner, pour la ligne de P. L. M., un lot de 22 000 tonnes de rails Vignole, en métal Bessemer, au prix de 315 francs la tonne, pris en forge.

Dans cette usine, l'acier pour rails se trempe légèrement, l'acier pour tôle ne se trempe pas et appartient plutôt à la classe des fers homogènes. Le premier correspond donc aux nos 5 à 6 de l'échelle Tunner, le second aux nos 6 à 7. D'après les expériences de traction faites à Terre-Noire, l'acier Bessemer ordinaire (no 5) rompt sous la charge de 70 kilog.

(*) La compagnie va agrandir son atelier Bessemer de Terre-Noire, et doit en établir un autre à Bességes.

par millimètre carré, et l'acier doux, pour tôle, sous celle de 55 à 60 kilog., tandis que la tôle en fer au bois cède à 35 kilog. Le premier s'allonge, avant de se rompre, de 5 à 8 p. 100; le second de 15 à 20 p. 100.

En 1866 et vers la fin de 1865, on fabriquait à Terre-Noire des rails en fer avec converte soudée en acier Bessemer ; mais on renonça bientôt à ce système bâtard à cause des chances de dessoudage auxquelles on peut être exposé à la suite de quelques mois de service.

Vers cette époque, la compagnie d'Orléans, avant de se décider pour les rails faits uniquement en acier Bessemer, réclama de Terre-Noire deux séries d'essais propres à constater l'uniformité de la fabrication. Voici les conditions imposées pour ces essais par M. Nordling, l'ingénieur en chef du réseau central d'Orléans (*):

1° Prendre deux lingots au hasard dans une même coulée, les soumettre aux épreuves ci-indiquées et arriver à démontrer que les résultats sont pratiquements identiques. Cette même épreuve sera répétée sur trois coulées différentes.

2° Faire une coulée-type, dans laquelle sera choisi un lingot sur lequel seront pratiqués les essais qui vont être indiqués : reproduire six coulées dans le but d'arriver au même type ; prendre un lingot dans chaque coulée, et arriver à reproduire aux essais les mêmes résultats que ceux obtenus sur le lingot provenant de la coulée-type.

Ces principes étant admis, voici comment les essais doivent être faits :

1° Les lingots, choisis suivant les deux ordres d'idées qui viennent d'êtres indiqués, sont laminés en rails suivant les procédés ordinaires : le type de rail adopté est celui de *Paris-Méditerranée à patin incliné pour changement de voies.*

2° Chaque rail est soumis à un *essai à la flexion* dans les conditions suivantes. Placé sur deux points d'appui, espacés de 1 mètre, le rail est soumis à la pression. On constate la *flèche sous la charge*, et les *flèches permanentes* après les charges enlevées.

(*) Extrait d'une note manuscrite fournie par la compagnie de Terre-Noire, à la date du 15 décembre 1865.

La presse hydraulique qui sert à faire ces épreuves est un instrument très-parfait, construit dans les ateliers de Graffenstaden ; la pression est donnée par trois pompes sur excentriques, et dans des condition telles qu'on est certain d'avoir la plus grande régularité.

3° Des morceaux de ces rails, d'une longueur de 2 mètres, sont ensuite soumis au choc, dans les conditions suivantes :

Le rail est placé sur deux points d'appui espacés de 1m.100 de milieu en milieu; ces points d'appui reposent directement sur un bloc de fonte de 10.000 kilogrammes ; le mouton pèse 300 kilogrammes.

Les tableaux ci-joints donnent les résultats des épreuves faites comme il vient d'être dit.

TABLEAUX

DE SÉRIE D'ÉPREUVES.

(Voir pages 240 et 241.)

Première série d'épreuves.

Comparaison entre deux lingots d'une même coulée

ÉPREUVES à la pression.	COULÉE N° 577.				COULÉE N° 580.				COULÉE N° 581.			
	Lingot A.		Lingot B.		Lingot A.		Lingot B.		Lingot A.		Lingot B.	
	Flèche sous charge.	Flèche permanente.	Flèche sous charge.	Flèche permanente.	Flèche sous charge.	Flèche permanente.	Flèche sous charge.	Flèche permanente.	Flèche sous charge.	Flèche permanente.	Flèche sous charge.	Flèche permanente.
kil.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.
Pression de 15.000	1,7	0,05	1,7	0,05	1,8	0,1	1,8	0,0	1,5	0,0	1,9	0,0
— 20.000	2,2	0,1	2,2	0,1	2,2	0,1	2,2	0,0	2,0	0,0	2,1	0,0
— 25.000	3,0	0,4	2,8	0,3	2.7	0,2	2,8	0,1	2,6	0,1	2,6	0,1
— 30.000	5,2	1,9	4,7	1,9	3,5	0,5	3,6	0,6	3,2	0,2	3,4	0,3
— 35.000	10,8	7,5	8,9	5,3	5,8	2,3	6,0	2,3	5,3	1,6	4,8	1,1
— 40.000	15,8	11,9	16,8	12,6	10,5	6,4	11,3	7,2	9,8	5,5	9,4	5,2
	kil.	millim	kil.		kil.		kil.		kil.	millim.	kil.	millim.
Limite.	55,000	60	54,100	Rupture	56,500	Rupture	56,500	Rupture	61,500	60	62,000	58

ÉPREUVES au choc.	FLÈCHE après le choc.	FLÈCHE après le choc.	FLÈCHE après le choc.	FLÈCHE après le choc.	FLÈCHE après le choc.	FLÈCHE après le choc.
mèt.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.
Chute 1.500	5	5	4	5	4	4
— 1.750	11	10	10	10	9	9
— 2.000	19	19	16	17	16	14
— 2.250	27	27	25	24	23	23

Deuxième série d'épreuves.

Comparaison entre sept lingots de coulées différentes.

ÉPREUVES à la pression.	COULÉE type N° 584.		COULÉE 582.		COULÉE 585.		COULÉE 586.		COULÉE 589.		COULÉE 590.		COULÉE 594.	
	Flèche		Flèche		Flèche		Flèche		Flèche		Flèche		Flèche	
	sous charge.	permanente.	sous charge.	permanente.	sous charge.	permanente.	sous charge.	permanente.	sous charge.	permanente.	sous charge.	permanente.	sous charge.	permanente.
kil.	millim.	mill.	millim.	mill.	millim.	millim.	millim.	millim	millim.	mill.	millim.	mill.	millim.	mill.
15.000	1,6	0,1	1,7	0,1	1,8	0,1	1,8	0,1	1,9	0,1	1,6	0,0	1,7	0,0
20.000	2,2	0,2	2,2	0,2	2,2	0,2	2,3	0,1	2,4	0,2	2,1	0,4	2,1	0,1
25.000	3,5	1,1	2,9	0,3	3,3	0,7	2,9	0,3	3,2	0,4	3,2	0,8	2,8	0,3
30.000	11,2	8,5	4,7	1,0	7,2	3,9	5,1	1.8	5,6	2,2	11,6	8,5	5.0	1,9
35.000	23,6	21,0	10,0	6,4	16,2	12,1	11,4	7.6	15,2	11,2	[illegible]	21,3	12,4	8,7
40.000	40,6	36,1	18,6	14,0	29,0	24,1	20,8	16,5	26,8	22,5	45,0	40,4	22,7	18,2
Limite. .	kil. 50.000	mill. 80	kil. 59.000	mill. 63	kil. 59.200	Rupture	kil. 44.500	Rupture	kil. 54.000	mill. 70	kil. 49.500	mill. 74	kil. 56.200	mill. 65

ÉPREUVES au choc.	FLÈCHE après le choc.	FLÈCHE après le choc.	FLÈCHE après le choc.	FLÈCHE après le choc.	FLÈCHE après le choc.	FLÈCHE après le choc	FLÈCHE après le choc
millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.
1.500	7	6	4	7	6	7	5
1.750	15	13	14	15	14	15	14
2,000	26	23	25	26	25	26	25
2.250	37	31	33	37	35	37	36

En examinant avec soin les deux tableaux, indiquant les résultats obtenus, on peut en tirer les conclusions suivantes.

1° La première série d'essais montre bien *l'identité pratique* de deux lingots pris au hasard dans une même coulée. La régularité des résultats est surtout remarquable jusqu'à la charge de 25 *tonnes* qui représente *à peu près la limite d'élasticité.*

On peut même dire qu'au delà de la limite d'élasticité les différences sont encore bien minimes eu égard aux charges suportées.

2° Cette série d'essais n'était pas faite pour démontrer l'identité des coulées; et cependant il est facile de constater déjà une régularité remarquable.

La coulée n° 581 est peut-être un peu plus dure que les autres, mais cela se traduit, jusqu'à la charge de 25 tonnes, par des *dixièmes de millimètre* dans la flèche permanente, et n'aurait certainement aucune influence dans la pratique.

3° La deuxième série nous paraît également indiquer *l'identité pratique*, entre les six coulées faites en vue de reproduire le type n° 564. Ce type est *un peu plus doux* que les trois coulées de la première série; cela avait été fait à dessein, et le résultat a bien été reproduit dans la limite du possible; les différences sur les flèches permanentes portent sur *des dixièmes de millimètre.* C'est seulement, comme pour la série précédente, lorsque la limite d'élaslasticité est dépassée, que les différences deviennent un peu plus grandes.

4° Les essais au choc présentent une régularité remarquable. Les résultats sont bien en harmonie avec ceux des essais à la pression. Les flèches constatées sous le choc font bien ressortir la régularité des lingots entre eux et montrent également les petites différences de nature. On remarque, par exemple, que la coulée n° 581 donne un métal un peu plus *roide* que les n°s 577 et 580. Il est également facile de constater que les coulées de la 2e série sont *plus douces* en général que celles de la première.

Nous pensons donc pouvoir conclure que ces expériences ont donné les résultats demandés, et répondent à peu près aussi complétement que possible aux questions posées.

Nous ajouterons qu'on peut avoir toute sécurité dans la manière dont les épreuves ont été faites. M. Delom, ingénieur du réseau central d'Orléans, les a faites contradictoirement avec les ingénieurs de la compagnie de Terre-Noire.

L'exposition d'*Imphy* comprenait des pièces très-variées en acier Bessemer; la fabrication courante se compose de

rails et de croisements de voie. J'ajouterai seulement que, depuis peu, on traite aussi de la fonte refondue au cubilot. C'est un progrès, à mon avis, car le métal change moins de nature qu'au réverbère.

Dans l'usine de MM. Petin-Gaudet, à *Assailly* près de Rive-de-Gier, fonctionnent deux convertisseurs de 7 tonnes chacun. La production mensuelle de l'établissement, en acier Bessemer, dépasse 500 tonnes et sera bientôt beaucoup plus forte, grâce à un troisième convertisseur de 9 tonnes que l'on doit y installer. La marche des appareils a pris une grande régularité. Ils occupent sept ouvriers spéciaux, et 15 à 20 manœuvres ou aides. On traite spécialement les fontes grises au coke produites à Givors, avec le minerai de Saint-Léon de l'ile de Sardaigne. Ce minerai renferme :

Protoxyde de fer.	24,0
Peroxyde de fer.	62,0
Oxyde de manganèse.	0,8
Chaux et magnésie.	traces.
Quartz.	13,0
Soufre.	0,2
Phosphore.	0,0
Total.	100,0

Il convient parfaitement pour la fabrication du métal Bessemer. Chaque opération dure, comme à l'ordinaire, 20 à 25 minutes ; le déchet par oxydation ne paraît pas dépasser 12 à 14 p. 100, et le produit marchand atteint largement 80 p. 100 en moyenne. Après l'addition de la fonte miroitante, et avant de verser le produit affiné dans le chaudron de coulée, on souffle de nouveau 2 à 3 secondes. La fonte miroitante vient, selon la nature du métal, soit du pays de Siegen, soit des hauts fourneaux mêmes de la compagnie Petin et Gaudet. La fusion des deux sortes de fonte se fait jusqu'à présent au réverbère. L'acier Bessemer tend à remplacer l'acier fondu ordinaire. On l'emploie déjà

pour rails, ressorts, bandages, tôles, etc. Mais surtout, depuis quelque temps, pour un grand nombre de pièces coulées, telles que cages de laminoirs, roues dentées, pignons, etc., et en particulier, pour des pièces de canon de tout calibre. D'après le catalogue spécial de l'exposition Petin et Gaudet, l'usine d'Assailly a déjà fourni plus de 30 canons, dont plusieurs du poids de 10 à 16 tonnes. En octobre 1866, j'ai moi-même assisté à la coulée d'un pareil canon de 14 à 15 tonnes. On a fait marcher simultanément les deux convertisseurs, ou plutôt, à tour de rôle, au commencement, à cause de la faiblesse de la machine soufflante; puis, avant la coulée, on a réuni, dans le même chaudron, le produit des deux appareils. On a constaté ainsi que, quand le métal est bien chaud, on peut facilement le conserver 5 à 10 minutes en repos dans la cornue couchée, sans crainte de le voir se figer. Ce repos est même indispensable, dans le chaudron de coulée, si l'on veut des pièces tout à fait saines. M. Bessemer recommande, en effet, dans l'un de ses brevets, celui du 12 février 1856, de laisser *reposer* le métal, avant de le couler dans les moules, pour que les gaz puissent se dégager de la masse fondue. Il conseille aussi dans le même brevet, de couler les grosses pièces par ascension, ou de *source*. Ces préceptes sont suivies à Assailly. On coule les canons en acier par un syphon tangentiel, aboutissant à la base du moule, comme on le fait, pour les canons en fonte, à l'usine de Ruelle. L'acier fondu, lorsqu'il est bien chaud, peut être plus longtemps conservé fluide dans le chaudron de coulée, qu'on ne le suppose généralement. J'ai vu des coulées qui ont duré 10 minutes, depuis le moment du renversement de la cornue dans le chaudron jusqu'au remplissage du dernier moule. Ainsi le repos de la masse fondue, avant la coulée, est à recommander si l'on veut obtenir des lingots sans soufflures. Il convient aussi de couler plutôt un seul grand lingot que plusieurs petits. Les pièces de forge d'un faible

poids s'obtiennent alors, en divisant le lingot à la tranche, au moment de l'étirage. Un autre moyen, que l'on peut aussi employer pour avoir des pièces coulées sans soufflures, consiste, d'après M. Bessemer lui-même, à mêler à l'acier, dans le chaudron de coulée, 1 p. 100 de fonte pure. Le manganèse et le silicium de la fonte absorbent alors complétement l'oxygène dissous et l'empêchent de réagir sur le carbone. Ce moyen a été employé avec succès en Suède et en Autriche. Mais la difficulté est d'avoir, dans ce cas, des produits parfaitement homogènes. Un dernier moyen, et le plus efficace pour faire disparaître toutes les soufflures, consiste à exercer une forte pression sur le métal fondu pendant l'acte de la solidification. M. Galy-Cazalat l'avait proposé, dans sa communication à l'Académie du 8 janvier 1866 (*Comptes rendus*, tom. LXII, p. 87); et MM. Revollier et Biétrix s'en servent à Saint-Étienne depuis quelques mois. Ils coulent, dans des moules en fer sous pression, des roues de wagon en acier Bessemer parfaitement saines. La pression atteint 5 à 600 atmosphères.

Appareils Bessemer en Angleterre. — Depuis deux ans, les appareils Bessemer se sont considérablement multipliés en Angleterre. En 1861, la production totale de l'acier de toute catégorie y était de 1.000 tonnes à peine par semaine, tandis que l'an dernier le seul acier Bessemer formait déjà un total hebdomadaire de 3.000 tonnes (*). Les principales usines, où fonctionnent des appareils Bessemer sont : à Sheffield, la forge de M. Brown et Cie (Atlas iron works) et celle de M. Camel et Cie (Cyclops iron works) ; la première est pourvue de plusieurs convertisseurs tenant 10 tonnes. A Liverpool, on peut citer, les *Mersey forges*, avec 2 cornues de 5t; à *Crewe*, la grande usine du North-Wersters railway,

(*) Les renseignements sur l'Angleterre sont en partie extraits de deux mémoires manuscrits, de MM. les élèves ingénieurs Ichon et Michel Lévy, rédigés à la suite des voyages d'instruction de 1866.

avec 4 cornues de 5t; dans le pays de Galles, les deux forges de *Dowlais* et *Ebbw-vale*, avec 12 cornues de 5t (6 dans chaque forge); dans le nord de l'Angleterre, la forge de *Tudhoë* et quelques autres à Manchester et dans le district des hématites du Cumberland.

Lorsque le produit est destiné à la fabrication des bandages, essieux, tôles, etc., on se sert à peu près exclusivement de fonte grise d'hématite, ou de fontes au bois de la Suède, du Canada, des Indes, etc. Vers la fin, l'on ajoute toujours, pour la recarburation, de la fonte blanche miroitante du pays de Siegen. Mais lorsque la fonte doit être affinée pour rails, on commence à ajouter au haut fourneau des minerais plus ordinaires. Ainsi à Dowlais, on charge, par tonne de fonte grise pour rails :

	1t,455	d'hématite quartzo-argileuse du Cumberland et du Lancashire.
et	0t,485	de minerai houiller grillé, choisi parmi les plus purs et les plus manganésifères.
Total. .	1t,940	

On marche à l'air chaud, avec des laitiers très-basiques, blancs-jaunâtres, pierreux et opaques. La fonte ainsi obtenue renferme :

4,00 à 4,50	pour 100	de carbone.
1,10 à 1,30	—	de silicium.
1,50 à 2,00	—	de manganèse.
Des traces.	. . . . .	de soufre.
Et moins de 0,1	—	de phosphore.

Cette fonte est traitée, dans l'appareil Bessemer, avec poids égal de fonte d'hématite, qui est peu manganèsifère, très-peu sulfureuse, et renferme également au plus 0,001 de phosphore. Les deux fontes sont refondues ensemble, au réverbère, avec 6 p. 100 de déchet, et l'on met parfois, dans la cornue, jusqu'à 10 p. 100 de bouts de rails Bessemer, avant l'arrivée de la fonte en fusion. Ces bouts de rails

sont chargés en même temps que le coke qui doit chauffer la cornue. L'opération elle-même dure 20 minutes. Le déchet est de 12 à 15 p. 100 en sus des 6 p. 100 dus à la refonte. Pour avoir une réaction moins vive, la fonte miroitante n'est mêlée au métal affiné que dans le chaudron de coulée. On y amène d'abord le métal affiné de la cornue, puis les 7 p. 100 de fonte pure. Il y a légère ébullition sous la couverte de scories, et, par le fait seul de cette ébullition, la matière paraît devenir homogène. On ne coule d'ailleurs que plusieurs minutes après l'addition de la fonte, et lorsque le bouillonnement a cessé. D'après le chimiste de l'usine de Dowlais, le lingot pour rails renfermerait

C.	0,15	pour 100
Si.	0,02	—
Ph.	0,09	—
S.	0,03	—
Mn.	0,25	—

On voit que c'est du fer *homogène* et non de l'acier, et que dans la cornue Bessemer, comme on le sait depuis longtemps, on ne peut éliminer ni le phosphore, ni le soufre de la fonte. Le métal devient *court* et *rouverin*, lorsque les teneurs en soufre et en phosphore atteignent 0,001. L'analyse que je viens de citer prouve aussi que le manganèse n'est pas complétement oxydé, lorsqu'on ne souffle plus après l'addition de la fonte miroitante. C'est un défaut, puisque le manganèse tend plutôt à diminuer la ténacité du fer. Mais cette manière de faire permet de réduire la dose de métal carburant de 10 à 7 ou 8 p. 100. D'autre part cependant on peut craindre que la réaction ne soit pas suffisante pour donner un mélange parfaitement homogène. M. Bessemer lui-même paraît le croire, car il a imaginé, dans ces derniers temps, un agitateur en fer, formé de deux larges palettes en hélice garnies d'argile réfractaire, qu'il abaisse et fait tourner, dans le bain du chaudron, immédiatement après l'addition de la fonte. Ce moyen me semble

compliqué et d'un emploi difficile. Si la réaction seule ne suffit pas pour opérer le mélange, le soufflage ordinaire, tel qu'il se pratique encore en France, est certainement préférable; cependant, en Allemagne aussi, dans plusieurs usines, on se contente de la réaction pour opérer le mélange. Observons ici que le bouillonnement, qui se produit à ce moment, prouve indirectement que le fer *brûlé* de la fin de l'opération contient bien de l'oxygène et non pas seulement de l'azote, car ce dernier gaz serait sans réaction sur la fonte que l'on ajoute.

Rappelons aussi que les fontes d'hématite ne sont pas, en général, en Angleterre, assez pures pour donner réellement de l'acier supérieur. On obtient plutôt un fer homogène, peu susceptible de prendre la trempe. Il en est autrement en Suède et en Autriche, où l'on affine des fontes manganèsifères extra-pures. Malgré cela, le métal, obtenu avec les fontes d'hématite, convient parfaitement, à cause de son homogénéité et de sa grande ténacité, pour les bandages, les essieux, les pièces de machines, etc. Mais, à cause du soufre et du phosphore qu'elles renferment, on ne peut affiner pour métal homogène les fontes anglaises ordinaires. Il faut, dans ce cas, avoir recours au procédé d'épuration *double* de l'ingénieur Parry, que je ferai connaître à la fin de ce mémoire.

Parmi les usines anglaises, où le métal Bessemer a conquis sa place, il faut surtout citer celle de *Crewe*, du Great-North-Western railway. Elle est remarquable par les appareils nouveaux de cinglage et d'étirage, dont son habile directeur, M. Ramsbottom, l'a dotée. On y fabrique spécialement, en métal Bessemer, des rails et des bandages. La compagnie du Great-North-Western, doit même, à l'avenir, se servir exclusivement de rails Bessemer, après avoir constaté qu'ils durent dix à douze fois plus que les rails ordinaires(*).

(*) A la station de *Crewe*, les rails ordinaires devaient être

Disons quelques mots du mode de fabrication suivi à Crewe. On sait que le métal Bessemer possède déjà, à l'état de lingots, une ténacité très-grande; c'est le motif pour lequel on préfère l'acier moulé aux pièces en fonte. Mais cette ténacité s'accroît notablement par le forgeage à chaud, qui modifie la densité, fait disparaître les soufflures et détruit la structure cristalline. Il faut donc travailler le métal Bessemer au marteau, ou au laminoir, dès que la forme de la pièce le comporte. C'est ainsi que l'on forge sur *mandrins* les canons en acier, coulés creux ou percés au marteau.

Les lingots se préparent, à Crewe, à la façon ordinaire, en se servant de cornues tenant 5 tonnes. Lorsqu'il s'agit de très-gros lingots, on a la précaution de les travailler immédiatement, tandis qu'ils sont encore chauds, afin de ménager le métal. En opérant ainsi, un court réchauffage suffit pour ramener l'extérieur à la température que possède encore le centre, tandis qu'un fort lingot froid peut difficilement être chauffé à *cœur* sans brûler la surface. Pour ces réchauffages, les fours Siemens sont aujourd'hui, en Angleterre, d'un emploi fréquent. A Crewe, les lingots pour rails, du poids de 230 à 250 kil., sont réchauffés debout dans un réverbère Siemens à sole tournante (*). Le four en renferme vingt; on les charge par une porte latérale, et on les sort par une pareille ouverture placée en face. Les lingots sont à moins de $0^m,10$ l'un de l'autre, et la sole accomplit sa rotation en 2 minutes. Les lingots pour rails étaient, à l'origine, soumis au marteau, avant de passer au laminoir. Aujourd'hui, à Crewe, pour hâter le travail et sans que le rail paraisse en souffrir beaucoup, on a supprimé le martelage. Le lingot réchauffé arrive directement au lami-

changés trois fois par an, tandis que des rails Bessemer y durent depuis trois ans sans déformation; et à la station de Camdentown, un rail en acier Bessemer a mieux résisté que 12 rails successifs en fer.

(*) Brevet n° 114 du 13 janvier 1863.

noir ébaucheur. Celui-ci diffère des laminoirs anciens. Au lieu de cylindres complets, ce sont de simples secteurs cylindriques, fixés à l'aide de boulons sur de forts arbres en fonte ou fer, auxquels on imprime un mouvement de va-et-vient circulaire, soit à l'aide de crémaillères ou bielles, soit par renversement ordinaire. Ce sont les *cogging-mills* de M. Ramsbottom (laminoirs dentés ou oscillants) figurés Pl. VII et VIII, *fig.* 1 à 4, d'après les brevets anglais n° 924 du 13 avril 1863, et n° 736 du 16 mars 1865 (*). On peut ainsi rapidement laminer dans les deux sens, ce qui est utile, surtout lorsqu'il s'agit d'étirer l'acier, pour lequel il faut des cannelures faiblement décroissantes et une température peu élevée. Pour perdre moins de temps, le transport des lingots, d'une cannelure à l'autre, se fait d'ailleurs sur un petit truck disposé à la façon du collamineur Cabrol. Le laminoir finisseur ne diffère pas des trains ordinaires, et marche à la vitesse de 80 à 100 tours par minute. Après une première chaude de 2 heures à 2 heures et demie, on passe six ou sept fois à l'ébaucheur; on réchauffe une demi-heure, puis viennent les 9 ou 10 cannelures du finisseur. Soit en tout 16 passages, tandis que les rails en fer n'exigent que 9 à 12 passages.

Les lingots pour bandages se massent toujours au marteau. Ils ont la forme d'un tronc de cône, dont la hauteur dépasse $0^m,50$. On martelle latéralement et dans le sens de l'axe, de façon à réduire l'épaisseur du disque, à moins de moitié. On perce ensuite le centre, et on augmente graduellement le diamètre intérieur, jusqu'à $0^m,50$. Il faut 4 réchauffages pour cela; puis l'on achève le bandage au laminoir vertical par bout (système Buddicom).

Le martelage des gros lingots se fait à Crewe à l'aide du

(*) Bessemer avait déjà pris un brevet le 31 mai 1856 (n° 1.290), pour une disposition presque identique. (Pour l'explication des planches, je renvoie à la légende qui termine le mémoire).

marteau *duplex* de M. Ramsbottom. C'est un marteau à deux têtes sans enclume. Lorsqu'on martelle un gros lingot en métal dur, le choc, ou du moins la compression, ne se transmet qu'à une distance faible. La zone directement frappée subit l'étirage, tandis que le centre du lingot demeure intact. Il n'y a plus homogénéité ; la ténacité moyenne baisse. On atténue ce défaut en frappant les masses simultanément sur deux faces opposées. C'est le but du marteau double. Il se compose de deux blocs pourvus de galets et roulant en sens inverse sur rails. Ces deux blocs, de masse et de vitesse égales, viennent frapper simultanément le lingot placé entre deux sur un petit truck qui peut se mouvoir dans les trois sens, sous la main du forgeur, pendant l'intervalle des chocs. Le mouvement simultané s'obtient avec une machine verticale unique, placée en dessous et reliée aux marteaux par deux bielles obliques ; ou bien, lorsque les marteaux sont très-lourds, par deux machines horizontales à traction, ou plutôt à poussée directe, pourvues d'une soupape d'admission unique. Dans ce dernier cas, les têtes des marteaux, comme dans les marteaux-pilons simples, sont liées directement aux tiges des pistons ; ou bien, aux cylindres moteurs si les pistons sont fixes, ce qui augmente le poids des masses en mouvement. Des marteaux de ce genre marchent, avec avantage, depuis deux ans à Crewe. Ils sont figurés dans les mêmes brevets que les *cogging-mills*. On peut consulter, pour les détails, les figures et la légende de la Pl. XI (*fig.* 1 à 4), représentant le système à machine motrice unique, et Pl. XII, *fig.* 6 et 7, le système à deux cylindres.

Lorsque les lingots ont des dimensions hors ligne, pour arbre de couche, un mètre carré de section par exemple, même les marteaux doubles n'empêchent pas l'étirage inégal. M. Bessemer se sert, dans ce cas, de la presse hydraulique à forger qui a déjà été employée, dans ce but, à Vienne, par l'ingénieur *Haswell*, et qui fut exposée à Lon-

dres en 1862. Une pression lente, mais forte, de mille atmosphères, agit mieux sur la partie interne de la masse que le choc instantané des marteaux. M. Bessemer a montré qu'un prisme chaud, en acier ou fer, placé debout sous la presse gonfle en son milieu, tandis que, sous le marteau double, il se renfle plutôt aux deux extrémités. Cette différence d'action est conforme aux résultats obtenus par M. Tresca, dans ses expériences sur la semi-fluidité des corps mous. Pour le détail des presses *Haswell* et Bessemer, on peut consulter les figures et légendes Pl. IX (*fig.* 1) et X (*fig.* 1 à 3).

Acier Bessemer en Suède. — En Suède, où M. Bessemer a obtenu ses premiers succès, le procédé nouveau ne s'est pas autant répandu qu'on devait l'espérer, d'après la nature exceptionnellement pure des matières premières. Le manque de capitaux et l'éparpillement des forges paraissent en être les principaux motifs. Les premiers appareils ont fonctionné à Edsken et à Sandviken, forges de la société dite de Högbo. On y fabriquait des bandages et diverses autres pièces de forges, soit à l'aide de l'appareil suédois fixe, soit en se servant de la cornue mobile. M. Luyt, dans son rapport sur l'exposition suédoise de 1866, parle d'une cornue de 5 tonnes marchant à trois opérations par jour. La production d'Edsken fut, en 1865, de 1200 tonnes, et celle de Sandviken de 3000 tonnes. Mais les deux usines ont dû s'arrêter, en 1866, par suite de difficultés financières. La fonte était fournie aux appareils directement par le haut fourneau. Deux autres usines, Siljansfors et Carlsdal, sont mentionnées par M. Luyt, comme se trouvant encore dans la période des essais. La première n'aurait fournie, en 1865, qu'environ 100 tonnes de métal Bessemer et la seconde 55. Les produits de la dernière figuraient aussi à l'exposition de 1867; mais c'est l'usine de Fagersta qui offrait les aciers les plus remarquables. J'ai indiqué les teneurs en carbone et les allongements des barres au moment de la rupture. En

parcourant ces chiffres et ceux qui se rapportent à Siljansfors, on voit qu'en traitant les bonnes fontes de Suède, on peut obtenir réellement de l'acier fondu; non pas seulement du fer homogène peu susceptible de prendre la trempe. On doit donc espérer que le procédé en question donnera un nouvel essor à la métallurgie suédoise. Mais, pour cela, il faudrait renoncer à l'appareil fixe, qui ne permet pas de procéder par voie de recarburation, à moins de se contenter du simple mélange dans le chaudron de coulée, qui ne saurait donner un produit rigoureusement homogène. Parmi les produits de l'usine de Fagersta, on remarquait aussi des scories de l'appareil Bessemer. Elles sont, en général, brunes et beaucoup moins riches en fer que les scories de puddlage. Voici la composition de la scorie de Fagersta, telle qu'elle est donnée par la notice de l'Exposition. Elle provient de la fin d'une opération :

		Oxygène contenu.
SiO^2	44,30	23,00
Al^2O^3	10,85	5,10
CaO	0,68	10,50
MgO	0,45	
MnO	24,55	
FeO	19,45	

L'excès de silice provient de l'argile du vase; mais cette circonstance n'explique pas la pauvreté de la scorie sous le rapport du fer, car s'il en était ainsi, celle-ci serait plus pauvre encore en manganèse, puisque les fontes suédoises n'en renferment pas une très-forte proportion. On doit plutôt en conclure qu'à la haute température où s'opère l'affinage, grâce au brassage énergique des matières, l'oxyde de fer doit constamment réagir sur les autres éléments de la fonte, sur le manganèse et le silicium d'abord, sur le carbone ensuite. La nature siliceuse de la scorie explique aussi pourquoi le phosphore ne peut être éliminé dans le procédé Bessemer, tandis qu'il l'est dans le puddlage et

l'affinage au bas foyer. Pour que l'acide phosphorique puisse être retenu par les bases, il faut que la scorie soit basique et non siliceuse (*).

Acier Bessemer en Autriche. — Si le procédé Bessemer s'est peu répandu jusqu'à ce jour en Suède, il a pris par contre un rapide essor en Autriche, où les minerais spathiques des Alpes ont été de tout temps recherchés pour la fabrication de l'acier. Nous extrayons principalement les détails suivants du journal de Léoben, par M. Tunner, et des *Annales des mines* de Vienne. Les premiers appareils ont été installés à l'usine de *Turrach* (Styrie) en 1863, et à *Heft* (Carinthie) en 1864; puis, en 1864 et 1865, dans l'établissement impérial de *Neuberg* et dans la forge de *Grätz*, appartenant à la compagnie des chemins de fer du sud de l'Autriche. Enfin, en ce moment (1867), on l'installe à *Reschitza* en Hongrie et à *Wittkowitz* en Moravie. Cette dernière usine doit traiter des fontes au coke, prises directement à un haut-fourneau à poitrine fermée. M. Tunner parle enfin des usines de *Zöptau* (Moravie) et de *Zellweg* (Styrie), où l'on se proposerait également de monter l'appareil nouveau. Dès l'année 1865, la production en acier Bessemer s'est élevée à 3,600 tonnes, dans les usines de Styrie et de Carinthie.

A *Turrach*, on a essayé concurremment l'appareil fixe et l'appareil mobile; mais on s'est décidé finalement pour ce dernier, afin de pouvoir ajouter de la fonte pure vers la fin, ce qui remédie au défaut connu sous le nom de métal *court*. L'appareil suédois est pourtant plus simple et moins coûteux, et les explosions y sont moins fortes. Ce sont les

---

(*) C'est à tort que M. Caron affirme qu'il n'existe aucun moyen d'enlever le phosphore à la fonte (*Comptes rendus* t. LVI, p. 828 et t. LVII, p. 167). En refondant de la fonte phosphorée, dans des creusets de terre, avec du manganèse ou des oxydes, on ne réussit pas à enlever le phosphore, parce que les oxydes métalliques y sont, comme dans l'appareil Bessemer, saturés par la silice des parois.

motifs qui l'ont fait conserver à Heft. On peut, d'ailleurs, comme je l'ai déjà dit, verser la fonte de recarburation dans le chaudron de coulée. On voyait à l'Exposition de beaux produits provenant de Turrach. On y fabrique surtout les nos 3, 4 et 5 de l'échelle Tunner. Les lingots tendres nos 6 et 7 sont plus bulleux que les autres. Pour la recarburation on se sert de la fonte même que l'on soumet à l'affinage.

L'usine de *Heft*, de la compagnie Rauscher, fond dans ses hauts-fourneaux les fers spathiques du célèbre gîte de Hüttenberg. La fonte grise, préparée pour l'appareil Bessemer, renferme 4 à 5 p. 100 de manganèse, 1,50 à 2 p. 100 de silicium, des traces de soufre et 4 à 4,20 p. 100 de carbone, dont 3,5 de graphite. Les premiers fours fixes recevaient au maximum 1500 kilog. Maintenant on traite par opération 3.000 à 3.500 kilog., dans un four de 1m,60 de diamètre intérieur sur 2m,45 de hauteur. Le nombre des tuyères est de vingt-trois, et le diamètre de chacune d'elles de 0m,018. Avec deux fours de ce genre, on compte produire, par année, 4.500 tonnes de lingots. La fonte, prise directement au haut-fourneau, est versée dans l'appareil à l'aide d'un chaudron roulant sur rails. La durée des opérations varie de dix-huit à trente-cinq minutes, et la tension du vent oscille entre 0ath,8 et 1ath,2 en sus de la pression extérieure. On fait en moyenne trois charges par vingt-quatre heures; mais on a pu aller jusqu'à sept. Le nombre des ouvriers spéciaux est de huit par opération, payés à raison de 7 fr. par tonne de lingots obtenus. On opère, en général, sans addition de fonte. Le moment de la coulée, qui varie avec la dureté de l'acier à produire, se reconnaît surtout à l'apparence de la flamme et des étincelles qui s'échappent du gueulard. Dans les deux cent seize premières opérations de 1864, le rendement, en lingots proprement dits, fut de 58 p. 100 seulement; il s'est élevé à 72 p. 100 en 1865, a dépassé 81 p. 100 dans les mille trente-trois charges

de 1866 et a même atteint 85 p. 100 vers la fin. Le déchet moyen par oxydation, en 1866, n'a pas dépassé 13 p. 100. Les 5 à 6 p. 100 restant se composent de coulures, carcasses de fonte ou d'acier, etc. (*). On prépare surtout des aciers peu carburés, les n°s 5 et 6 pour bandages, essieux et rails ; jamais les n°s 1 et 2. J'ai donné ci-dessus p. 222, les teneurs en carbone. Le laminage des lingots se fait, à la forge de *Storé*, dans la basse Styrie, avec un déchet de 3 à 5 p. 100. D'après la notice de l'Exposition, le prix de vente des lingots Bessemer était, fin 1866, de 290 à 295 fr. la tonne ; celui des fontes grises, servant à leur fabrication, était à la même époque de 135 à 140 fr.

D'après les tableaux officiels de l'année 1866, il a fallu changer en moyenne, par opération donnant 2^{tonnes},4 de lingots d'acier, quatre tuyères en terre et vingt-cinq à trente briques réfractaires. La paroi intérieure du four suédois résiste rarement à plus de dix à douze charges. Pour le chauffage du four on consomme, par tonne de lingots, trois quart de mètre cube de charbon de bois résineux, ou environ 100 kilog. On voit, en résumé, par l'expérience acquise à Heft, qu'une bonne fonte peut être affinée directement sans recarburation finale ; néanmoins, lorsque la fonte n'est pas très-pure, il doit être difficile d'obtenir régulièrement, par ce procédé, de l'acier dur qui ne soit pas un peu aigre. Dans ce cas, il vaut certainement mieux prolonger l'affinage, puis recarburer le fer en dosant rigoureusement la fonte blanche manganésifère, ajoutée à cet effet vers la fin de l'opération.

A l'usine impériale de *Neuberg*, en Styrie, les appareils Bessemer ont été établis sous la haute direction de M. Tunner. On a essayé concurremment les deux systèmes ; mais

(*) Rapport du directeur de l'usine, M. Munichsdorfer, Journal des mines de Vienne 1865 et notice distribuée à l'Exposition de Paris.

l'on renonça bientôt, comme à Turrach, au four suédois. Depuis la fin de l'année 1865 on prend la fonte directement au haut-fourneau. On n'a conservé le réverbère, ou le cubilot, que pour l'essai des fontes étrangères.

On attache à Neuberg une très-grande importance à la classification en sept numéros de dureté. On prépare surtout les nos 4 à 7. On voyait à l'Exposition des tôles et essieux de locomotives en métal nos 7 et 6; des bandages en acier n° 5; des limes et des lames de scie en n° 4. Les lingots classés nos 6 et 7 présentent, dans les cassures, un grain gris brillant et quelques soufflures; les lingots plus durs, nos 5, 4 et 3, un grain plus compacte et plus fin. On a constaté à Neuberg, comme ailleurs, qu'une allure chaude, due au chauffage énergique de la cornue et à la température élevée de la fonte, contribue essentiellement au succès de l'opération. Pour la recarburation on puise directement au même haut-fourneau. La fonte est assez pure pour ne pas exiger une autre matière. Mais, avant de couler, on laisse le mélange en repos pendant trois ou cinq minutes dans la cornue couchée; les gaz se dégagent et les lingots sont moins bulleux. Pour faciliter l'épuration de la fonte, on a essayé des additions de plomb et de litharge, mais sans obtenir des effets bien marqués. Les mêmes essais ont été faits à Turrach sans plus de succès. Dans les deux établissements, on a constaté, comme en Angleterre, que des fontes à 0,001 de phosphore, peuvent tout au plus fournir du métal peu carburé à rails; tandis que, pour le bon acier, il faut des fontes ne tenant pas au delà de 0,0004 de phosphore (*). D'après Frésénius, les fontes de Siegen iraient, sans trop d'inconvénients, jusqu'à la teneur de 0,0006 à 0,0007. Mais, en tout cas, il convient de rappeler qu'elles renferment comme correctif une plus forte proportion de manganèse, et qu'on les refond au réverbère, avant

(*) *Annales de Léoben*, t. XV, p. 300.

de les diriger dans l'appareil Bessemer, ce qui leur enlève nécessairement une partie du phosphore.

La direction de Neuberg a fait imprimer, pour l'exposition, un tableau d'analyses fort intéressant qui permet de suivre la transformation graduelle que subit la fonte dans l'appareil Bessemer. Les analyses ne sont peut-être pas rigoureusement exactes, mais comme elles s'accordent bien avec les faits observés ailleurs, il me parait utile de le reproduire ici :

1° *Fonte et produits affinés.*

ÉLÉMENTS.	FONTE GRISE de Neuberg. (*a*)	MÉTAL pris après la période de la scorification (*b*)	MÉTAL pris vers la fin de l'ébullition. (*c*)	FER BRULÉ pris avant l'addition de la fonte. (*d*)	PRODUIT final. Acier doux n° 6. (*e*)
Graphite.	3,180	»	»	»	»
Carbone combiné. . .	0,750	2,465	0,949	0,087	0,234
Silicium.	1,960	0,443	0,112	0,028	0,033
Phosphore.	0,040	0,040	0,045	0,015	0,044
Soufre.	0,018	traces.	traces.	traces.	traces.
Manganèse.	3,460	1,645	0,429	0,113	0,139
Cuivre..	0,085	0,091	0,095	0,120	0,105
Fer.	90,507	95,316	98,370	99,607	99,445
	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

2° *Laitiers ou silicates correspondants.*

ÉLÉMENTS.	LAITIER du haut fourneau.	SCORIE prise après la période de la scorification	SCORIE prise vers la fin de l'ébullition.	SCORIE prise avant l'addition de la fonte.	SCORIE prise au moment de la coulée.
Silice.	40,95	46.78	51,75	46,75	47,25
Alumine.	8,70	4,65	2,98	2,80	3,45
Protoxyde de fer. . . .	0,60	6,78	5,50	16,86	15,43
— de manganèse	2,18	37,00	37,90	32,23	31,89
Chaux.	30,35	2,98	1,76	1,19	1,23
Magnésie.	16,32	1,53	0,45	0,52	0,61
Potasse.	0,13	traces	traces	traces	traces
Soude.	0,14	sensibles.	sensibles.	sensibles.	sensibles.
Soufre.	0,34	0,01	traces.	traces.	traces.
Phosphore.	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01
	99,77	99,79	100,36	100,36	99,87

Ce tableau prouve nettement que le cuivre et le phosphore ne sont pas oxydés dans l'appareil Bessemer ; que le soufre semble disparaître lorsqu'il est en proportion très-faible ; qu'enfin le manganèse et surtout le silicium sont rapidement brûlés dès l'origine, tandis que le fer n'est oxydé d'une façon *permanente* qu'après le départ presque complet du silicium, du manganèse et du carbone.

On voit aussi, comme à Fagersta, par la proportion si élevée du manganèse dans les scories, que leur pauvreté en fer ne provient nullement de la corrosion des parois de la cornue, mais uniquement de la réaction fort énergique que l'oxyde de fer exerce constamment sur le silicium, le manganèse et le carbone de la fonte. On peut d'ailleurs calculer, d'une façon approximative, la proportion de fer définitivement oxydé, et montrer que l'air fait réellement défaut pour brûler beaucoup de fer.

Comme le manganèse de la scorie provient uniquement de la fonte, on peut évaluer le poids de cette scorie d'après sa teneur en oxyde de manganèse. En comparant les analyses des métaux (*a*) et (*d*), on voit qu'à un trentième près, tout le manganèse est oxydé ; qu'ainsi, sur 100 de fonte, 3,35 de manganèse ont dû passer dans la scorie. Or, comme la scorie (*d*) renferme 32,23 p. 100 d'oxyde de manganèse ou 18,02 p. 100 de manganèse métallique, il est évident que 100 kilog. de fonte ont dû donner $100 \times \frac{3,35}{18,02} = 18^k,5$ de scories (*d*) ; et comme d'autre part cette scorie ne renferme que 16,86 p. 100 de protoxyde de fer, ou 13,02 p. 100 de fer métallique, on voit que dans les $18^k,5$ de scories, il n'y a que $2^k,41$ de fer ; qu'ainsi la proportion de fer *réellement brûlé* ne dépasse pas 2,41 p. 100 du poids de la fonte. Le reste du déchet provient du carbone, du silicium et du manganèse, dont le poids réuni dépasse 9 p. 100, et des globules de fonte, projetés hors de la cornue par le vent.

Voyons maintenant quel est le poids d'air nécessaire pour achever l'affinage. Si nous admettons que l'oxydation du silicium, du manganèse et du carbone soit à peu près complète vers la fin de l'opération, ce qui s'éloigne peu de la réalité, d'après les résultats de l'analyse (d), on verra que, par 100 kilog. de fonte. il faudra :

	kilog.		kilog.	
Pour les	3,93	de carbone.	10,40	d'oxygène.
—	1,96	de silicium.	2,12	—
—	3,46	de manganèse.	1,00	—
—	2,41	de fer.	0,71	—
		Total.	14,23	

ce qui correspond à 61^{k},96 d'air sec.

Pour une charge de 3.000 kilog., il faudra donc 1.858^{k},8 d'air; et comme l'opération dure, à Neuberg, au plus vingt minutes, jusqu'à la période de la recarburation, on voit qu'en moyenne il faut, par minute, au moins 92^{k},9 d'air, ou environ 72 mètres cubes. Or, à l'usine de Grätz, où la cornue est dans les mêmes conditions qu'à Neuberg et destinée aussi à 3 tonnes, M. Castel arrive pour le vent au chiffre de 75 mètres cubes, en partant du volume engendré par les pistons soufflants et sans aucune défalcation pour les fuites (*). Mais comme ces fuites s'élèvent pour le moins à 10 p. 100 dans les meilleures machines soufflantes, on voit, en définitive, que l'appareil ne reçoit nul excès d'air, et que si le fer ne brûle pas, c'est tout simplement parce que l'air manque, et non parce que l'oxygène échapperait à la réaction.

J'ai supposé, il est vrai, dans le calcul précédent, que le carbone est transformé en acide carbonique, tandis qu'une partie se dégage probablement sous forme d'oxyde de carbone. Mais alors ce gaz doit déjà partiellement

(*) *Annales des mines*, 6e série, t. VIII, p. 153.

brûler dans la cornue même sous l'influence de l'air qui aurait échappé au métal.

Il est enfin aisé de conclure des analyses précédentes que presque la moitié de la silice des scories provient de la fonte, et qu'ainsi la cornue ne semble pas aussi fortement attaquée qu'on serait tenté de le croire au premier abord.

Les 100 kilog. de fonte ont fourni, aux 18k,5 de scories (*d*), 1k,93 de silicium, ou 4k,02 de silice. C'est 22 p. 100, tandis que la scorie en renferme 46,15 p. 100.

Ainsi 24,75 contre 22 proviennent de la cornue.

On connaît l'atelier Bessemer de *Grätz* par le mémoire de M. Castel (*). Les renseignements se rapportent au printemps de 1865. On y a installé dès l'abord des cornues mobiles pour 3 à 4 tonnes. La fonte est refondue au réverbère et provient surtout de l'usine de Mariazell. Vers la fin on ajoute 10 p. 100 de fonte miroitante. Je compléterai les renseignements, fournis par M. Castel, par ceux qu'a publiés M. Tunner, en 1866, d'après un rapport officiel du directeur pour l'année entière 1865 (**). On fabriquait surtout, à l'origine, de l'acier pour rails, ou pour couvertes de rails, de 0,004 de carbone. Plus tard on a fait aussi de l'acier pour bandages et même de l'acier plus dur n° 3. Ce dernier, d'après une analyse faite à Vienne, renferme :

Carbone	1,03
Silicium	0,05
Phosphore	traces.
Soufre	0,05
Manganèse	0,07
Cuivre	0,08
Fer	98,57
Total	99,85

Cet acier, forgé mais non trempé, s'est rompu à l'essai

(*) *Annales des mines*, 6e série t. VIII, p. 149.
(**) *Annales de Léoben*, t. XV, p. 312.

sous la charge de $74^k,5$ par millimètre carré, après s'être allongé de 3 p. 100 seulement. L'acier très-doux, pour tôles de chaudières, provenant de la même usine, essayé à l'institut technique de Vienne, s'est rompu sous la charge de 52 à 58 kilogrammes, après un allongement de 14 à 21 p. 100. D'autres aciers, essayés comparativement dans le même établissement, ont donné les résultats suivants :

Le fer puddlé pour bandages de Neuberg s'est rompu sous la charge de..	39 kilog.
L'acier fondu doux pour chaudières de Petin et Gaudet.	53,5
L'acier fondu à ressort de Krupp.	96,5

D'après les renseignements officiels, publiés par M. Tunner avec autorisation du directeur, le rendement moyen en 1865 a été :

En lingots, de.	76,7	pour 100
En carcasses et coulures.	8	—
D'où, déchet proprement dit.	15,3	—
Total.	100,0	

Mais dans les derniers trois mois, on est arrivé au chiffre de 80 p. 100 de lingots.

Le prix de revient moyen des lingots s'est élevé, en 1865, à 257 francs par tonne, sans les intérêts des capitaux et la prime pour le brevet, les fontes traitées valant 155 et 160 fr.

Le principaux éléments sont :

		fr.
Pour fonte.		210,35
Combustible... Lignite à 25 fr. la tonne.	Pour machine soufflante.	6,00
	Pour chauffage des appareils.	12,00
	Pour fusion au réverbère.	36,80
Pour main-d'œuvre et direction.		19,75
(Il y a vingt ouvriers spéciaux, payés à raison de 60 francs par jour, sans compter les manœuvres.)		
Matériaux divers.		26,70
	Total.	310,60
à déduire pour carcasses et coulures utilisées.		53,80
	Prix de revient.	256,80 (*)

Ce prix de revient dépasse de 100 francs celui de la fonte; mais cet excès de prix serait au plus de 70 francs, si l'on prenait la fonte directement au haut fourneau. C'est à peu près le chiffre que j'indiquai, pour Woolwich, d'après M. Bessemer, dans mon premier mémoire de 1861 (*Annales des mines*, 5ᵉ série, t. XVII, p. 533). Mais il est évident que dans une foule de localités les conditions sont aujourd'hui plus favorables.

Appareils Bessemer en Belgique et en Allemagne. — La Belgique possède des appareils Bessemer à Seraing et à Ougrée. On en voyait quelques produits à l'Exposition; mais nous manquons de renseignements sur la nature des matières premières, et les conditions de la fabrication. En Prusse, le procédé Bessemer fonctionne à Hoerde, à Bochum et à Essen chez M. Krupp. On y affine surtout les fontes de Siegen et du duché de Nassau. L'usine de Hoerde a exposé, en acier Bessemer, des rails, des bandages et des essieux. On y rencontrait aussi des roues montées, pleines, dont le bandage en acier Bessemer est fixé, sur le plateau en fer, par soudage ou par emboîtement.

Bochum se contente jusqu'à présent d'appliquer l'acier

(*) C'est aussi, à l'usine de Grätz, le prix de revient des rails en fer, avec couvertes en métal Bessemer.

Bessemer à la fabrication des rails. Cette usine n'estime pas le produit suffisamment régulier pour en faire des essieux en toute sécurité. L'expérience des usines d'Autriche devrait cependant pleinement rassurer.

M. Krupp n'a rien exposé sous le nom d'acier Bessemer. La notice imprimée affirme que tous les produits ont été fondus au creuset. On sait cependant, malgré le mystère dont s'entoure M. Krupp, que plusieurs appareils Bessemer existent à Essen. Fonctionnent-ils ou non, et dans quelles conditions? Je ne saurais le dire. En tout cas, il paraît certain que les aciers supérieurs sont, comme ailleurs, obtenus au creuset, et que l'acier Bessemer lui-même est souvent refondu ainsi.

Un appareil d'essai vient d'être installé dans l'usine royale de Königshütte en Silésie. Les expériences auxquelles on s'y livre ne peuvent manquer de fournir d'utiles renseignements sur quelques points encore obscurs du nouveau mode d'affinage.

En Saxe, deux cornues de trois tonnes sont en activité à Marienhütte près de Zwickau. On y traite la fonte au coke de l'usine même, provenant des hématites rouges et brunes du pays. Les produits paraissent de qualité convenable.

Procédé Bessemer en Russie.—En Russie, le procédé Bessemer est installé, depuis le commencement de 1865, dans l'une des usines du prince Demidoff à Nischné-Taguilsk (*). On se sert de la cornue mobile, mais on a remplacé les nombreuses petites tuyères verticales par deux seules tuyères latérales, disposées à la manière de celles du four fixe suédois. Les tuyères ont 0m,04 de diamètre et sont faiblement plongeantes; elles font, comme en Suède, un certain angle avec la normale, afin de provoquer un mouvement giratoire qui prolonge le parcours du vent au travers de la fonte.

(*) *Journal des mines d'Autriche* 1865, p. 406, (mémoire Tunner).

Les tuyères résistent à douze charges; elles sont garnies de tôles de fer à l'intérieur, ce qui permet de les nettoyer sans les ébrécher. C'est un avantage réel, car dans les cornues anglaises les tuyères ordinaires résistent beaucoup moins. M. Tunner voit d'ailleurs, dans ce système des grandes tuyères, la possibilité d'une prise d'essai, à la baguette polie, comme dans l'affinage du cuivre brut (*). La charge ordinaire est à Taguilsk de 1750 à 1800 kilogrammes, et, d'après les renseignements fournis par le directeur de l'usine, les résultats obtenus seraient des plus satisfaisants.

Appareils Bessemer en Italie. — En Italie, les premiers essais furent entrepris, sur une petite échelle, en 1860, par M. Ponsard, directeur de Folonica; puis, en 1862, à

(*) Le mode d'essai, proposé par M. Tunner, est pratiqué, depuis peu, dans plusieurs usines allemandes. M. Douvillé, élève ingénieur des mines, l'a vu employé l'été dernier (1867) à Grätz, Neuberg et Zwickau. Lorsqu'on veut prendre un essai, on couche la cornue ordinaire, comme pour la réception de la fonte recarburante et l'on arrête le vent. A l'aide d'une baguette polie ou d'une spadelle plus large, on prend par attachement, un dé ou une plaquette de scorie qui se fige immédiatement. Son apparence est celle de l'émail. Aussi longtemps que ce métal n'est pas arrivé à l'état de fer brûlé, l'émail est brun marron clair, à la surface supérieure, et d'une teinte olive pâle, presque blanche, dans la cassure. A mesure que l'opération avance et que l'action réductive du carbone de la fonte est moins énergique, les deux teintes deviennent plus foncées. Lorsque le fer est brûlé, l'émail est presque noir à la surface et tourne au vert-clair dans la cassure. C'est alors le moment de percer la fonte recarburante, et on en ajoute plus ou moins, selon le numéro de dureté que l'on désire obtenir. Ou bien, si l'on veut maintenir invariable la proportion de fonte à ajouter, on la perce, plus ou moins tôt, en se réglant sur les nuances, plus ou moins foncées, que je viens de mentionner. Le premier mode est au reste plus sûr et donne certainement des produits plus fixes. Je recommande ce mode d'essai aux mines françaises. Voici la teneur en silice des deux scories extrêmes rapportées d'Allemagne par M. Douvillé. La scorie brun clair a donné 53 p. 100 de silice, la scorie de nuance foncée 49 p. 100. Ces résultats s'accordent avec les analyses de Neuberg, citées plus haut. La nuance foncée correspond à la scorie (*d*) et provient de ce que celle-ci contient trois fois plus de fer que les scories (*b*) et (*c*).

Sheffield même, sous les yeux d'une commission d'ingénieurs italiens (*). M. de Cizancourt a fait connaître, dans les *Annales des mines*, le rapport de ladite commission (**). Je n'y reviens pas; mais j'ajouterai qu'à la suite de ces essais un atelier Bessemer a été établi, par M. Ponsard, à Piombino. Quelques produits, qui en proviennent, figuraient à l'exposition.

Appareils Bessemer en Amérique. — Enfin, disons encore, que le procédé Bessemer a aussi pris racine en Amérique, aux États-Unis. Les excellents minerais du lac Supérieur donnent spécialement des fontes à acier.

Telle est, en résumé, la situation actuelle de la fabrication de l'acier par le procédé Bessemer. Voyons maintenant ce qui lui manque encore.

Défauts du procédé Bessemer. — Moyens d'y remédier.

Le défaut de cet affinage est de ne pouvoir s'appliquer aux fontes sulfureuses et phosphoreuses. L'opération marche trop vite, la température est trop élevée, les scories sont trop siliceuses pour que le soufre et le phosphore puissent être éliminés. Que faut-il donc faire pour se débarrasser de ces substances ?

M. le professeur Wedding propose, dans son mémoire (***), de chasser les scories hors de l'appareil par l'action du vent, avant la fin de la réaction décarburante. Mais on ne pourra jamais enlever ces scories complétement, et si elles sont siliceuses, l'acide phosphorique ne saurait s'y maintenir. Il vaudrait mieux expulser le phosphore par une sorte de mazéage pratiqué à part, soit au réverbère, soit au bas-foyer. Seulement, comme le silicium est oxydé en même temps,

---

(*) *Industria del ferro in Italia. Torino* 1864, p. 386.
(**) *Annales des mines*, 6ᵉ série, t. IV, p. 231.
(***) *Journal des mines de Prusse*, t. II, et *Journal des mines d'Autriche*, t. XV.

la première période de l'affinage Bessemer s'en trouvera raccourcie ; par suite, la température du métal sera plus faible. Il pourra en résulter des engorgements ou des explosions. Pour avoir une allure plus chaude, il faudrait donc finer la fonte à une très-haute température, dans un four Siemens, avec des additions de chaux et d'oxyde de manganèse, puis conduire le fine-métal directement de ce four à la cornue Bessemer. On pourrait aussi traiter d'abord, dans l'appareil Bessemer, une certaine quantité de fonte non phosphoreuse et n'y ajouter la fonte phosphoreuse finée que peu avant l'instant où doit commencer la période de réaction. Néanmoins, on ne pourra jamais réaliser ainsi une épuration complète. Le métal produit sera de qualité ordinaire ; et, en tous cas, on devra plutôt préparer du fer doux homogène que de l'acier proprement dit. Mais, à dose égale de phosphore et de carbone, ce fer doux fondu sera pourtant plus tenace, à cause de son homogénéité même, que le fer puddlé ordinaire soudé et corroyé. On peut donc espérer qu'on parviendra aussi à affiner un jour les fontes ordinaires par voie de fusion. En tout cas, on peut y parvenir par le procédé Parry, que j'ai déjà mentionné, et sur lequel j'aurai bientôt à revenir.

Diverses personnes ont espéré obtenir l'expulsion du soufre et du phosphore par l'hydrogène. Les hydrogènes sulfurés et phosphorés sont peu stables à la température ordinaire, et, *à priori*, il semble qu'ils ne puissent se former en présence du fer. Mais aux températures élevées les réactions sont souvent très-différentes, et deux corps volatils resteront plutôt liés entre eux au rouge blanc qu'un élément volatil et un élément fixe, tels que le phosphore d'une part, le fer de l'autre. Ainsi on sait que la vapeur d'eau, en passant au rouge sur la pyrite de fer, dégage de l'hydrogène sulfuré. La réaction se produit même lorsque le soufre est uni au fer en très-faible dose. M. Boussingault a constaté, en effet, qu'en faisant passer de la va-

peur d'eau sur de l'acier fondu, il se produit de l'hydrogène sulfuré et un peu d'ammoniaque, et M. Bouis a observé la même réaction en se servant d'hydrogène isolé (*).

D'autre part, M. Minary assure qu'il se dégage de l'hydrogène phosphoré, lorsqu'on calcine un mélange de houille menue et de scories de forges sensiblement phosphoreuses.

C'est cette double réaction que M. Galy-Cazalat a cherché à appliquer, en faisant passer de la vapeur surchauffée au travers de la fonte en fusion dans un réverbère ; malheureusement l'effet réfrigérant de la vapeur est tel qu'il est impossible de maintenir longtemps, dans ces conditions, le métal en fusion.

M. Bessemer, dans ses nombreux essais d'affinage, a également expérimenté l'action de divers gaz sur la fonte en fusion. Son premier brevet (**) mentionne déjà l'injection de l'air et de la vapeur d'eau, mélangés entre eux, ou pris isolément. Il opérait dans un creuset, placé dans un four à vent, et y amenait l'air et la vapeur d'eau à l'aide d'un tube en argile réfractaire. Gilbert-Martien de Newark (Amérique) l'avait même précédé dans cette voie. Dès le 15 septembre 1855, Martien avait demandé, en Angleterre, un brevet pour *purifier* la fonte fluide à l'aide du vent ou de la vapeur d'eau. Dans son second brevet n° 2768, demandé le 7 décembre 1855, Bessemer propose l'emploi de l'air *chaud* et ne fait agir la vapeur d'eau qu'à l'*origine*, afin d'expulser le *soufre*. Il avait précisément constaté, depuis la demande de son premier brevet, que la vapeur refroidit la fonte, tandis que l'air la réchauffe. Il propose aussi l'injection de matières charbonneuses, et reconnaît, du reste, dans ce brevet, qu'on a déjà avant lui essayé l'action de l'air et de la vapeur d'eau sur la fonte des fours à puddler.

(*) *Comptes rendus*, t. LII, p. 1.008 et 1.009.
(**) Brevet anglais n° 2.321 demandé le 17 octobre 1855.

Le 15 mars 1856, dans un troisième brevet, portant le n° 630, Bessemer mentionne l'oxyde de fer comme agent oxydant, et l'hydrogène carboné comme agent réductif. Il injecte ce dernier *vers la fin*, pour enlever un peu d'oxygène qui reste uni au fer. Il avait constaté que le fer devient *court* par l'action trop prolongée du vent.

Dans le brevet n° 1938 du 19 août 1856, Bessemer essaye d'amoindrir le déchet par un courant d'oxyde de carbone (*) et de chasser le *soufre* et le *phosphore* par l'injection de gaz *hydrogénés*. On voit, qu'à l'origine, Bessemer avait surtout en vue *l'épuration* des fontes ordinaires, mais il a dû reconnaître les difficultés pratiques ou l'inefficacité des réactifs, car on sait qu'il reconnût lui-même l'impossibilité d'affiner par son procédé les fontes phosphoreuses et sulfureuses; et, au fait, ses deux brevets définitifs (le n° 578 du 1er mars 1860 et le n° 56 du 8 janvier 1862) ne parlent plus que de l'injection de *l'air*.

En tout cas, la difficulté principale, même en se servant de gaz déjà formés et non de vapeur d'eau, sera toujours de maintenir la fonte longtemps en fusion, et plus encore le métal déjà à demi décarburé. Tandis que l'air, même employé froid, réchauffe le fer, les gaz hydrogénés, et surtout la vapeur d'eau même fortement surchauffée, produiront toujours l'effet opposé.

Procédé Bérard.

M. Bérard a cherché à surmonter la difficulté majeure dont je viens de parler. Il se sert d'un four à réverbère double, chauffé au gaz, où la fonte est tour à tour labourée par le vent et des gaz hydrocarburés chauds. Le vent oxyde

(*) M. de Cizancourt propose aussi d'essayer l'insufflation de l'oxyde de carbone vers la fin de l'affinage Bessemer. *Annales des mines*, 6e série, t. IV, p. 294.

et réchauffe, tandis que l'hydrogène doit enlever le soufre et le phosphore. Les premières expériences ont été faites à Decazeville, il y a deux ou trois ans, puis un appareil plus grand a été établi, l'hiver dernier, à l'usine de Montataire. L'appareil se compose de deux fours à réverbère accolés, chauffés chacun au gaz d'un générateur. L'air chaud et le gaz arrivent à la façon ordinaire, par une double batterie de tuyères à chalumeau (Pl. XII, *fig.* 1 et 2). Entre les deux fours se trouve un compartiment rempli de coke incandescent, ayant la même largeur que les fours et séparé de chacun d'eux par un petit mur en briques à jour. La sole des fours est formée d'une caisse en tôle forte, portée par un chariot en fer, comme les coupelles anglaises pour l'affinage des plombs d'œuvre. La caisse est garnie à l'intérieur de brasque battue argilo-charbonneuse.

Le gaz, qui doit chauffer le double four, arrive alternativement par l'une ou l'autre batterie. S'il est fourni par la batterie de droite, les produits de la combustion se rendront au four de gauche et de là à la cheminée, en passant au travers du compartiment à coke incandescent. Là, l'acide carbonique se transforme en oxyde de carbone, en sorte que l'atmosphère gazeuse du four de gauche sera plus réductive et moins chaude que celle du four de droite. Lorsque la différence de température des deux fours devient trop grande, on change le sens du courant gazeux, en sorte que chaque four reçoit tour à tour un courant de gaz chauds en combustion et de gaz rendus réducteurs. Les deux soles sont chargées de fonte. A Montataire, les charges sont de 600 kilogrammes par bassin de 1 mètre de côté, en sorte que le bain de fonte a $0^{m},10$ de profondeur. Dans chaque bain plongent deux tuyères inclinées à 45 degrés, disposées comme celles des fineries anglaises, si ce n'est qu'elles sont toutes deux placées dans la même face du four. Elles sont en terre réfractaire et peuvent être immergées ou retirées séparément, à l'aide d'une crémaillère.

Chacune d'elles se compose d'ailleurs de plusieurs buses parallèles, faisant corps les unes avec les autres. On souffle ainsi tour à tour, par l'une des tuyères, du vent chaud, par l'autre, des gaz hydrogénés. Ceux-ci se préparent dans une sorte de cubilot, chargé de houille et soufflé par un mélange d'air et de vapeur d'eau. Les gaz produits se composent donc en réalité d'azote, d'oxyde de carbone et d'hydrogène plus ou moins carburé. On les conduit dans un gazomètre, d'où une machine soufflante spéciale vient les aspirer pour les lancer, au travers d'un calorifère, dans le bain de fonte. Le gaz du générateur est de plus désulfuré, par la chaux, comme le gaz des villes. En résumé, celui des deux fours, où se produit la combustion, reçoit en même temps le courant d'air plongeant, tandis que l'autre, dont l'atmosphère est réductive, reçoit par ses buses le gaz hydrogéné. On affine ainsi simultanément deux charges, ou plutôt, on les soumet alternativement à l'action de l'air et des gaz réducteurs; en sorte que si ces derniers enlèvent réellement le soufre et le phosphore, il doit être possible d'affiner, par ce procédé, des fontes moins pures que celles que l'on traite dans l'appareil Bessemer.

Malheureusement l'essai n'a pu encore être réalisé d'une façon complète. Les deux machines soufflantes ne sont pas assez puissantes, à Montataire, pour que l'on puisse injecter à la fois l'air et les gaz hydrocarburés. Il a fallu se borner jusqu'à présent à l'affinage ordinaire par l'air, en laissant tour à tour reposer l'un des bains pendant quelques minutes.

L'opération, ainsi conduite, diffère alors peu du travail pratiqué dans la cornue Bessemer, et au fond on obtient des produits à peu près identiques. La coulée se fait par une percée ordinaire, dans la paroi opposée à celle des tuyères, et l'acier est reçu dans un chaudron distributeur, semblable à celui des usines Bessemer. L'affinage proprement dit dure en moyenne à peu près une demi-heure.

Quel sera l'avenir de la méthode Bérard ? nul ne saurait encore le dire. La question de l'épuration par les gaz hydrogénés demeure entière. On doit louer la persévérance de l'ingénieur inventeur, et désirer le succès dans l'intérêt de tous. Obtenir de l'acier fondu ou du fer homogène avec les minerais ordinaires serait un progrès immense ; car les minerais purs sont relativement rares. Mais, pour réussir, il faudrait simplifier l'appareil. Je ne vois pas l'utilité du double four ni celle de l'atmosphère réductive, pendant la période d'insufflation des gaz hydrocarburés. L'atmosphère réductive agit sur les scories et doit faire rentrer dans le métal les substances oxydées étrangères que l'on cherche à éliminer. Un simple four, chauffé au besoin par un régénérateur Siemens, me semblerait préférable. On injecterait tour à tour de l'air pour oxyder et du gaz pour épurer, mais la durée de l'injection du gaz devrait relativement être très-courte à cause de son action réfrigérante. L'oxyde de carbone et les hydrocarbures opéreraient une recarburation partielle du fer, tandis que l'hydrogène enlèverait le phosphore et le soufre. Reste à savoir, comme je l'ai dit en commençant, si cette dernière réaction se produit réellement.

Affinage par réaction.

La fabrication de l'acier par *réaction* est connue depuis longtemps.

Réaumur, dans son remarquable traité de l'art de convertir le fer en acier, publié en 1722, dit, à la page 250 : « que le fer doux est transformé en acier, lorsqu'on le tient « immergé pendant quelque temps dans la fonte fondue ; » et il ajoute que « ce procédé de faire de l'acier est en usage « dans quelques contrées et se trouve déjà décrit par « *Vanaccio* dans sa pyrotechnie, liv. I, chap. 7. » A la page 256, Réaumur ajoute, que l'on peut aussi préparer de

l'acier « en fondant de la ferraille dans de la fonte, » et qu'il a obtenu de l'acier de *forge* en mêlant ainsi à la fonte, tantôt un quart, tantôt un tiers de fer.

Au lieu de fer, on peut se servir d'*oxyde de fer*, et ce procédé aussi est déjà en germe dans le traité de Réaumur, lorsqu'il dit (page 472) que la fonte est adoucie par le *safran de mars*. Après lui, *Chalut* et *Clouet* se sont livrés à des essais analogues. En 1798, ce dernier dit positivement que l'on obtient du fer ou de l'acier fondu, en refondant la fonte avec de l'oxyde de fer (*) : c'est du fer doux, en prenant 1/4 d'oxyde de fer; de l'acier, en en prenant moins. Plus tard, *Mushet* prend un brevet pour ce même mode de fabrication (**). Enfin le capitaine *Uchatius* fait réagir à la fois, sur la fonte, le fer doux et l'oxyde de fer. Ce dernier procédé fait l'objet d'un rapport officiel de MM. *Combes*, *Levallois* et *Thirria* (***), et a été décrit d'une façon plus complète par *Hartmann*, dans ses progrès de la métallurgie (****).

Voici les mélanges employés, d'après Hartmann :

	Pour acier dur.	Pour acier demi-dur.	Pour acier doux ou fer homogène.
	kilog.	kilog.	kilog.
Fonte granulée	1.000	1.000	1.000
Fer spathique ou oxyde de fer.	250	250	250
Peroxyde de manganèse	15	15	15
Fer doux		125	200

La fusion s'opérait dans des creusets, comme dans les aciéries ordinaires.

En se servant d'oxyde de fer, il se produit un véritable affinage, tandis qu'en mêlant le fer et la fonte, il y a simple

(*) *Journal des mines*, t. IX, p. 8.
(**) Hassenfratz, t. IV, p. 91; et t. IX, du *Philos. Magaz.*
(***) *Annales des mines*, t. VIII, 473.
(****) *Progrès de la métallurgie*, t. I, année 1858.

partage du carbone et des matières étrangères; par suite, dans ce dernier cas, la pureté du produit dépend uniquement de celle des métaux eux-mêmes. Cependant, même alors, il y a affinage et oxydation partielle. D'après les expériences de M. H. Sainte-Claire-Deville, les gaz des foyers pénètrent dans les creusets et agissent comme oxydants. Dans la pratique, on se rapproche d'ailleurs, en réalité, des procédés Clouet et Uchatius, en ajoutant, au mélange des deux métaux, une certaine dose d'oxyde de manganèse. Ce procédé de fabrication est beaucoup plus répandu qu'on ne le suppose généralement. Depuis nombre d'années, la plupart des grands fabricants d'acier fondu préparent l'acier ordinaire par ce mode de réaction. Krupp en Allemagne, Vickers et Naylor à Sheffield, plusieurs des fabricants de la Loire s'en servent couramment depuis vingt à trente ans. Je rappellerai simplement ici l'acier Trinquet, fabriqué dès 1846, à Saint-Étienne, par ce moyen (p. 219). On ne fond l'acier cémenté que pour obtenir les qualités supérieures.

La fabrication de l'acier fondu par réaction a été étudiée méthodiquement, vers 1860, par le commandant d'artillerie *Alexandre* (*). Il a essayé successivement, dans de grands creusets, des mélanges de fonte et de fer doux, de fonte et de limaille (ou tournures) de fonte, en partie oxydée par exposition prolongée à l'air, enfin de tournures et de limailles brutes avec tournures et limailles oxydées. Les tournures et limailles provenaient à peu près toutes des ateliers de la marine impériale.

1° *Fonte et fer.* — On a mêlé succcessivement 3 de fer avec 0,1, 0,2, etc., jusqu'à 2 de fonte.

(*) Brevet du 29 novembre 1860 et rapport manuscrit. Dans la plupart des essais, on ajoutait, comme épuratif, une faible dose de carbonate d'ammoniaque. Addition fort inoffensive, très-probablement, à cause de sa volatilité, à moins que l'ammoniaque n'intervienne réellement, d'une façon utile, par son hydrogène.

Jusqu'à 0,4 de fonte, on obtient du fer homogène et des aciers doux.

Depuis 0,3 de fonte, l'acier se coule sans soufflures et devient mi-dur, puis dur.

On peut aller sans inconvénient jusqu'à la proportion de 3 de fer pour 1 de fonte, en opérant dans des creusets fermés. La qualité du produit dépend, bien entendu, de la pureté des matières premières.

On a fait des essais avec de la fonte au bois de Ruelle, et de la fonte douce de Glasgow. Cette dernière, on pouvait le prévoir, ne convient guère. L'acier est court.

2° *Fonte en morceaux et limaille oxydée.* — En associant 3 de limaille oxydée avec 0,5 à 1 de fonte, on a de l'acier doux ; 2 de fonte donnent de l'acier dur ; et 3 de fonte, de l'acier extra-dur difficile à forger. A cause de la rouille, il se produit un déchet de 8 à 10 p. 100 et une scorie vitreuse qui couvre le bain.

3° *Fonte en limaille et limaille oxydée.* — En remplaçant la fonte en morceaux, par de la limaille fraîche, le produit devient moins dur comme on pouvait s'y attendre.

L'acier reste *doux*, tant que, pour 3 de limaille oxydée, on n'atteint pas 2 de limaille fraîche. On a de l'acier *dur*, dès que, pour 3 de limaille oxydée, on prend 3 à 4 de limaille ordinaire. Au dela, la ténacité diminue et lorsqu'on arrive à 6 de limaille brute, l'acier fondu devient un peu court. Enfin à 9 ou 10 de limaille non oxydée, il se produit une sorte de fonte mazée, ou d'acier sauvage, qui peut cependant se forger encore légèrement. Le déchet et les scories atteignent 10 à 12 p. 100.

Les aciers, provenant de limailles oxydées, ont plus de corps que ceux que l'on obtient à l'aide d'un simple mélange de fonte et fer. Cela prouve l'utilité de l'oxyde de fer, lorsqu'on opère en vases complétement clos. Ainsi, à défaut d'air, pour oxyder les éléments étrangers, on peut avoir recours aux oxydes de fer et de manganèse.

La plupart des faits que je viens de rapporter furent, au reste, constatés déjà, après Réaumur et Clouet, par Mushet, Hassenfratz, Bréant, William Vickers, etc.; aussi vais-je entrer à ce sujet dans quelques détails nouveaux, afin de compléter l'historique de ces procédés, et montrer comment on en est venu à substituer, depuis peu, le réverbère aux creusets.

Hassenfratz décrit, d'après Vandenbroeck, inspecteur de l'École des mines de la Sarre, deux fourneaux qui étaient employés, dès avant 1812, en Angleterre, pour la préparation de l'acier fondu par voie de réaction (*).

Le premier est un four à galères, pour quatre creusets, chauffé à la houille. On y fond le mélange de fontes, riblons, rognures, batitures, etc. Le second est un réverbère ordinaire recevant ce même mélange. Je cite textuellement, pour qu'il ne reste aucun doute sur le mode de fabrication pratiqué, dès cette époque, en Angleterre, sinon d'une façon suivie, au moins à titre d'essai.

§ 1124. « On fond le mélange, destiné à faire l'acier, « dans des fourneaux à réverbère ordinaires, dans lesquels « on a pratiqué une espèce de creuset dans la partie infé- « rieure; le métal placé sur l'autel s'échauffe, fond et coule « dans le creuset où il s'accumule; la fonte se couvre de « scories, tant de celles qui étaient contenues dans la fonte, « que de celles qui sont formées par la fusion d'une partie « des verres terreux qui coulent de la sole. Si les scories « suffisent, on laisse le bain en repos, tant qu'on voit bouil- « lonner leur surface et le gaz oxyde carboneux se dé- « gager sous forme de flamme violette. Lorsque le bouil- « lonnement cesse, on introduit un morceau de bois vert « dans le bain, et l'on brasse le métal liquide par-dessous « les scories, afin de faciliter la séparation de celles qui « sont restées dans la fonte et qui adhèrent au métal.

(*) Hassenfratz, *Sidérotechnie*, t. IV, p. 93 à 95 (année 1812).

« Aussitôt que la fonte commence à s'affiner, l'ouvrier « principal introduit une petite cuiller dans le bain pour « puiser, par-dessous les scories, un peu de fonte; il la « coule dans une lingotière d'épreuve et l'essaye à la forge; « il continue à lever des essais, jusqu'à ce que celui qu'il « tire puisse se forger. Alors il examine le grain de son « acier; s'il est trop doux, l'ouvrier jette dans le bain des « barreaux d'acier trop cémentés, pour lui donner du car- « bone, sans altérer son affinage; s'il est trop dur, il y « jette des rognures de fer et quelquefois même de la fer- « raille, pour étendre le carbone dans une plus grande « masse, ou en brûler une partie; alors il retire les scories « et coule dans les moules l'acier fondu que l'on forge en- « suite pour le verser dans le commerce. »

On voit, par ce qui précède, que la fabrication directe de l'acier fondu au réverbère était tout au moins connu *en principe* dès 1812. Mais le procédé ne paraît pas alors s'être répandu, ni en Angleterre, ni ailleurs. La difficulté de produire régulièrement la température voulue et surtout, je le présume du moins, la qualité inférieure de l'acier produit, résultant de l'emploi de fontes ordinaires, ont dû amener l'abandon et même, jusqu'à un certain point, l'oubli complet de la méthode.

Plus tard, en 1824, nous voyons cependant Bréant revenir sur la même idée (*). Après avoir constaté au creuset que « 100 parties de limaille de fonte très-grise et 100 par- « ties de pareille limaille, préalablement oxydée, ont pro- « duit un acier d'un beau damassé. » Il ajoute : « les « fontes les plus noires réussissent le mieux. Je suis con- « vaincu qu'avec de semblables fontes on pourrait fabriquer « très en grand de l'acier fondu dans des fourneaux à ré- « verbère, en suivant un procédé analogue à celui de l'épu- « ration du métal de cloches, c'est-à-dire en ajoutant au

(*) *Annales des mines* 1824, t. IX, p. 326.

« métal en fusion une partie du même métal oxydé, ou « mieux encore de l'oxyde de fer naturel. »

Après cela, et pendant vingt ans, le four à réverbère semble oublié. Il en est de nouveau fait mention, en 1845, et dans des termes qui diffèrent peu de ceux qu'emploie Hassenfratz. Le 4 août 1845, Josiah Marshall Heath, réclame, en Angleterre, sous le n° 10798, un brevet pour la fabrication de l'acier fondu par réaction, dans un réverbère chauffé au gaz oxyde de carbone (*).

La fonte est prise directement au haut fourneau ou bien refondue, soit dans un réverbère, soit au cubilot. On l'amène dans un bassin, couvert par une voûte, et fortement chauffé à l'aide d'une batterie ordinaire de tuyères doubles à gaz et à vent chaud. Le gaz provient du haut fourneau ou d'un générateur spécial. La proportion relative de fer et de fonte varie avec la nature de la fonte et la dureté de l'acier que l'on se propose d'obtenir. Mais, pour l'acier ordinaire, M. Heath indique quantités égales de fonte et de fer doux. Ce dernier est pris sous forme de rognures et bouts de barres, ou à l'état d'*éponges*, provenant de minerais riches réduits par le charbon dans un four de cémentation. Avant de mêler le fer à la fonte, on recommande de le chauffer au rouge blanc, dans un réverbère spécial, ou sur une sole à chaleur perdue, placée entre le four à acier et la cheminée. Dès que le fer chaud a été jeté dans le bain de fonte, on brasse le mélange et on prend des essais. Le brassage se renouvelle de temps en temps, soit à l'aide d'un ringard en fer, soit en se servant d'un rondin de bois (*wooden pole*). Le bain métallique est protégé contre l'air par un flux vitreux.

Le brevet donne, comme spécimen de four, un réverbère circulaire, avec sole à chaleur perdue et cubilot voisin pour

---

(*) M. Heath avait pris le 5 avril 1839 un premier brevet pour la préparation de l'acier par réaction au creuset ou au cubilot.

la fusion de la fonte. La Pl. XII, *fig.* 3 à 5, reproduit ce four d'après le brevet anglais. Je renvoie à la légende pour les détails.

On voit, en résumé, que le procédé ressemble de tous points à celui que décrit Hassenfratz; aussi les mêmes motifs ont-ils dû empêcher le succès de la méthode. On recherchait alors uniquement des aciers de choix, tandis qu'on devait précisément traiter ainsi des fontes anglaises ordinaires.

Vint alors un nouvel arrêt de dix ans; puis, le 16 février 1854, John Davie Stirling demande, en Angleterre, sous le n° 375, un brevet pour la fabrication de l'acier de réaction soit dans un creuset, soit au réverbère. Il propose de faire agir sur la fonte fondue de l'oxyde de fer en poudre.

L'année suivante, l'infatigable Bessemer s'occupe du même sujet. Le 10 janvier 1855, il prend un brevet (n° 66) « pour la fusion de l'acier au réverbère, muni d'un « bassin, contenant des matières vitreuses fondues, dont le « but est de couvrir l'acier et de le protéger contre l'action « de l'atmosphère et contre celle des gaz du fourneau. »

Le 25 octobre 1858, M. Sudre demande, en France, un brevet analogue. Il entreprend ses premières expériences dans les ateliers du chemin de fer du Nord, et c'est aussi en décembre de cette même année que M. Lan dirige des essais identiques, dans les usines de MM. Petin et Gaudet, à Rive-de-Gier (*).

De novembre 1860 à mars 1861, M. Sudre se livre, à la forge de Montataire, à une deuxième série d'expériences aux frais de S. M. l'Empereur. Il en a été rendu compte, dans un rapport officiel, signé par MM. le colonel Treuille de Beaulieu, H. Sainte-Claire Deville et le capitaine Caron (**). Ces premières tentatives ne réussirent qu'à demi.

(*) *Bulletin de l'industrie minérale*, t. IV, p. 576.
(**) *Annales des mines*, 6e série, t. I, p. 221.

On obtint, à la vérité, la température voulue, mais le four ne put résister à plusieurs opérations, ni à Montataire, ni à Rive-de-Gier. Au lieu de faire la sole en briques, on aurait dû la battre en pisé réfractaire. C'est ce que fit le commandant Alexandre, directeur de l'usine impériale de Villeneuve, près de Brest. A la suite des fusions au creuset, dont j'ai rendu compte, cet officier fut autorisé à établir, à la Villeneuve, en décembre 1860, un premier réverbère pour 300 kilog., et l'année suivante, à la fonderie de Ruelle, un four plus grand pour 1 200 kilog. La disposition générale du réverbère ressemble à celle des fourneaux de seconde fusion dans les fonderies de canon. Seulement la sole était d'une seule pièce, en pisé battu de 0m,06 d'épaisseur, composée d'un mélange égal de graphite et de sable réfractaire. La fusion marcha bien, et le four supporta facilement, sans réparations majeures, trente à quarante opérations. On a coulé des projectiles et plusieurs canons. Malheureusement les produits furent de qualité inférieure. Mais ajoutons de suite, que ces défauts,—faible ténacité, absence de corps, aigreur, — provenaient de la nature même des matières premières, et non du mode de fusion. On a préparé l'acier fondu, soit en fondant simplement de vieilles limes, plus ou moins encrassées de métaux divers, soit en appliquant les trois modes de réaction, précédemment essayés au creuset : fonte et fer doux, fonte et limaille oxydée, limaille brute et limaille oxydée, le tout sous une couche de verre, ou de laitiers de haut fourneau. Or la fonte, comme je l'ai dit, provenait surtout de Glasgow! C'est, comme on sait, de la fonte noire, pour seconde fusion, préparée à l'air chaud et à la houille crue; la dernière qu'on eût dû choisir. La ferraille aussi et la limaille étaient d'origine assez variée. On a trop oublié dans ces essais qu'on ne fera jamais de bon acier, par n'importe quelle méthode, si l'on ne se sert de matière premières pures.

Dans le cours de l'opération, on eut recours à deux modes d'essais; on puisait du métal, à l'aide d'une cuiller, et coulait, dans une lingotière, un petit barreau de 0m,01 de côté; ou bien, on prenait, par attachement, une sorte de dé au bout d'une baguette de fer poli, comme dans le travail du cuivre (la *Spiess probe* des Allemands). On observa que, pour avoir de l'acier sans soufflures, il fallait un bain très-chaud ; dans ce cas il ne s'attachait rien à la baguette polie. On constatait aussi que si l'on conservait l'acier trop longtemps en fusion, sous la couverte de laitiers, il perdait sa ténacité. C'est une observation que Clouet avait déjà faite dans ses essais au creuset, et que les fondeurs d'aciers connaissent bien. L'acier se charge de silicium et probablement aussi de métaux terreux. On peut y remédier par des additions d'oxyde de manganèse.

Pour une proportion donnée de fer et de fonte, ou de limaille oxydée et de fonte, l'acier produit était de même nature et possédait le même degré de dureté que celui des creusets; le déchet était aussi le même. Ainsi la couverte préserve le métal d'une façon complète, et l'on voit, d'après cela, que le réverbère est aussi propre à la fusion de l'acier que le creuset. On peut y atteindre facilement la température voulue, surtout lorsqu'on a recours aux chauffes soufflées, comme dans les usines de MM. Petin et Gaudet, où l'acier est régulièrement fondu à la houille, dans des réverbères à creusets. Mais le système qui mérite la préférence, soit sous le rapport de l'économie, soit sous celui de la facilité de marche, c'est le four *Siemens* dont se sert M. Martin.

A la Villeneuve, dans le réverbère ordinaire, on brûlait 400 kilog. de houille, par 100 kilog. d'acier, en chargeant froid, et 275, dans les opérations suivantes, en chargeant chaud. Dans le premier cas, la durée est de quatre heures à quatre heures et demie; dans le second, de deux heures et demie à deux heures trois quarts. En marche courante, on faisait trois opérations par douze heures.

Procédé de M. Martin de Sireuil.

L'insuccès, au point de vue de la qualité, fit cesser les essais de la Villeneuve fin 1862. On s'arrêta à mi-chemin. L'administration de la marine impériale, n'eût pas la persévérance de M. Bessemer (*). Celui-ci avait d'abord échoué, comme le commandant Alexandre, à cause de la qualité des fontes, mais il reprit ses essais, avec de bonnes fontes de Suède, et réussit. C'est ce que fit, pour le traitement au réverbère, M. P. Martin dans son usine de Sireuil. Après des tentatives assez nombreuses, un premier brevet fut pris le 28 juillet 1865 ; un certificat d'addition le 19 décembre 1865, et dès lors, dans le courant de 1866 et 1867, dix autres certificats pareils moins importants (**).

La méthode consiste à produire l'acier fondu au réverbère par la réaction du fer doux sur la fonte, avec ou sans intervention de minerais de fer riches. Le four employé est un réverbère à une seule porte, muni de régénérateurs Siemens.

La porte unique est au milieu de l'une des longues parois, tandis qu'en face, du côté opposé, se trouve au point le plus bas de la sole un trou avec canal de coulée. Par

(*) En février 1864, je fus consulté par Son Excellence le ministre de la marine, sur les essais du commandant Alexandre. J'indiquai, dans mon rapport, les causes de la mauvaise qualité des aciers, et je conseillai un meilleur choix de matières premières. Des acier puddlés ou cémentés de bonne qualité, pour la simple fusion, et un mélange de fonte aciéreuse et de fer doux supérieur ou d'oxydes purs, pour l'acier par réaction. J'ajoutai, que le succès ne me paraissait pas douteux, surtout à l'aide du four *Siemens*, qui permet de rendre les flammes, à volonté, oxydantes ou réductives.

(**) M. Martin vient d'en publier la liste dans une brochure intitulée : *Nouveau procédé de fabrication de l'acier et du métal homogène.*

les deux côtés étroits arrivent et s'échappent les gaz de l'appareil Siemens. La section intérieure est un ovale tronqué ou un rectangle rétréci aux deux extrémités. La sole est en sable réfractaire argilo-quartzeux. Pour qu'elle puisse résister à la haute température du four, on ne lui donne qu'une faible épaisseur, moins de $0^m,10$. Une plaque en tôle forte, refroidie en dessous par un courant d'air, ou de vapeur et d'air, supporte le sable. Après chaque opération, on répare la sole, en rebattant du sable frais dans les trous qui ont pu se produire. Avec ces réparations, elle peut durér longtemps. A la fin de chaque semaine, on retouche, bien entendu, les parois latérales ; et pour ce qui est de la voûte, on la refait intégralement toutes les trois semaines, ou, en général, à la suite de vingt-cinq ou trente opérations. Au devant du four, du côté où se trouve le conduit de coulée, un chemin de fer à chariots ou une plaque tournante, amène successivement à la fin de l'opération, sous le jet de métal percé, la série des lingotières. A proximité du four de fusion, on établit en outre un réverbère ordinaire, à sole plane, pour chauffer au rouge blanc les gueusets de fonte et les paquets de fer doux que l'on ajoute dans le cours de l'opération. Les dimensions des fours dépendent, bien entendu, de la grandeur des charges. A Sireuil, on opère sur 1.500 à 2.000 kilog. A Firminy, chez M. Verdié, sur 3.000 à 3.500. Il faut que la profondeur du bain soit à peu près de $0^m,10$, comme dans le four Alexandre et dans l'appareil Bérard.

L'opération est fort simple. On peut obtenir l'acier, ainsi que je l'ai déjà dit, soit par simple réaction du fer doux sur la fonte, soit par l'action oxydante de minerais riches. A cause des difficultés provenant de la différence de densité et de l'action corrosive de l'oxyde de fer, le dernier moyen est moins facile à réaliser.

M. Martin préfère la méthode de réaction par le fer, qui évidemment est beaucoup plus simple. Mais les expériences

du commandant Alexandre et celles de M. Martin lui-même montrent bien que, par l'oxyde de fer, on arrive également au résultat désiré. En tout cas, pour produire l'affinage, il faut nécessairement que la fonte se trouve en présence d'une certaine proportion d'oxydes de fer ou de manganèse, ajoutés sous forme de minerais purs, de riblons grillés et de scories riches, ou formés par oxydation dans le four même aux dépens de la fonte. Mais il faut éviter tout excès pour ne pas trop attaquer les parois du four.

Comme dans l'appareil Bessemer, on peut d'ailleur conduire l'opération selon deux modes opposés : affiner complétement, puis recarburer par des additions de fonte pure, ou bien, au contraire, arrêter le travail lorsqu'on juge le métal décarburé au degré voulu.

Le premier mode, comme dans le procédé Bessemer, assure, à cause de sa plus grande durée, une épuration plus complète, pourvu que la fonte ajoutée pour la recarburation soit elle-même pure, et que l'affinage soit de nouveau poursuivi, pendant quelques instants, après la dernière addition. C'est ce que fait, en général, M. Martin.

Les fontes traitées à Sireuil proviennent surtout des hauts fourneaux de Saint-Louis, près de Marseille, et de Ria, près de Prades. Celles que l'on traite chez M. Verdié sont obtenues avec les minerais de Bône. Ce sont, comme on sait, des fontes pures manganésifères, grises ou blanches miroitantes. Mais il est évident que l'on pourra affiner par ce procédé toutes les fontes que l'on passe à l'appareil Bessemer, et l'on doit même pouvoir traiter des fontes légèrement sulfureuses, surtout si l'on opère avec addition de minerais riches, et non par réaction simple du fer doux sur la fonte.

Le fer ajouté doit lui-même aussi provenir de minerais purs, si l'on veut obtenir des produits supérieurs. Ce seront des fers puddlés, plus ou moins aciéreux, préparés avec les fontes dont je viens de parler. On prendra des bouts de barres et des pièces manquées d'origine variée, ou, à dé-

faut de cela, du fer puddlé brut préparé spécialement *ad hoc*. Mais, pour les produits communs, on pourra prendre du fer et de la ferraille ordinaires, pourvu qu'ils ne soient pas par trop impurs. On sait que, dans le maséage et le puddlage, on se débarrasse aisément de la majeure partie du phosphore des fontes et d'une portion du soufre. Le fer doux, ainsi épuré une première fois, donnera, en se dissolvant dans la fonte pure, un produit homogène, dans lequel le phosphore et le soufre seront encore plus dilués. L'acier proprement dit, obtenu par ce moyen, sera toujours quelque peu aigre; il mànquera de corps; mais le fer doux homogène, même impur, possédera pourtant une ténacité bien supérieure à celle de ce même fer, simplement puddlé, soudé et corroyé. On pourra donc tirer parti de fontes moins pures que celles qui conviennent pour le procédé Bessemer. On se rapproche de la méthode Parry, déjà citée, et sur laquelle je vais revenir bientôt.

Il est évident qu'au réverbère, comme dans l'appareil Bessemer, et plus facilement que dans ce dernier, on doit pouvoir obtenir à volonté, tous les degrés d'aciération compris entre la fonte blanche et le fer doux. Il n'y a qu'à faire varier les proportions relatives de fonte et de fer, ou de fonte et d'oxyde, comme l'a prouvé le commandant Alexandre, et déjà, avant lui, Réaumur, Clouet, Uchatius, etc.

M. Martin distingue dans ses brevets quatre produits différents :

Le *métal mixte*, qui peut à peine se forger : c'est l'ancien *wildstahl* des Allemands, compris entre la fonte et l'acier ordinaire.

L'acier pour *outils*, ou acier proprement dit.

L'acier *doux*, ou *métal homogène*.

Le *fer fondu* qui est rouverin.

Cette division est insuffisante; il vaudrait mieux adopter les 7 numéros de M. Tunner. Le fer fondu est au fond du fer *brûlé;* il est rouverin, parce qu'il a absorbé de l'oxy-

gène ; on le transforme en métal homogène, en le recarburant par des additions de fonte.

L'acier doux, ou *métal* homogène, comprend deux produits très-différents : l'*acier doux* proprement dit, qui peut encore se tremper (les n°s 5 et 6 de Tunner), et le *fer homogène* ou n° 7 de Tunner.

L'*acier* pour *outils* correspond aux n°s 3 et 4.

Le *métal mixte*, aux n°s 1 et 2.

Disons maintenant quelques mots de l'opération elle-même.

Le four, chauffé au blanc par les gaz chauds du régénérateur Siemens, reçoit d'abord un certain poids de fonte à affiner. On pourrait charger froid, mais on préfère, pour ne pas trop refroidir le four, chauffer les gueusets, par avance, dans le four accessoire ci-dessus mentionné.

Lorsque la fonte est fondue et le bain très-chaud, on y ajoute, par charges de 100 à 200 kilogrammes, les diverses sortes de fer dont j'ai parlé, chaque barre, paquet ou lopin, étant chauffé au rouge clair, et pesant 10 à 20 kilogrammes. Ces additions se font toutes les vingt à trente minutes, et sont suivies d'un rapide brassage, dès que le fer se trouve dissous par la fonte.

Au lieu de fer, ou avec le fer, on peut aussi ajouter du minerai riche, soit brut, soit grillé, soit plus ou moins réduit par cémentation. Mais, ainsi que je l'ai déjà dit, cette manière d'opérer est moins facile. Le mélange est plus difficile, le produit moins homogène, le four plus fortement attaqué.

Il me semble cependant qu'il devrait y avoir avantage à faire quelques faibles additions d'oxyde riche. Il en résulterait certainement un affinage plus complet. En tous cas, on constate que la couche de scorie, qui se forme à la surface du bain, s'appauvrit rapidement, soit par l'influence du carbone de la fonte, soit par les gaz du fourneau qui peuvent avoir facilement une réaction réductive, soit enfin

par les parois et la sole qui cèdent leur quartz (*). La scorie de M. Verdié a donné, au bureau d'essai de l'École des mines, les nombres suivants :

Silice	64,33
Alumine	8,66
Protoxyde de fer	21,89
Protoxyde de manganèse	2,74
Chaux	3,00
	100,62

Elle contenait des grenailles métalliques, mais on les a enlevées, avant l'analyse, à l'aide du barreau aimanté. Le gain de l'analyse semble cependant indiquer qu'il devait encore rester quelques parcelles métalliques. Comme dans l'appareil Bessemer, le silicate est pauvre, d'apparence vitreuse et plus ou moins bulleux.

Dans cet état, il ne saurait plus agir, comme agent oxydant, sur le bain de fonte ; il ne peut lui enlever ni phosphore, ni soufre, et lui fournirait plutôt du silicium. Aussi lorsque la scorie est ainsi appauvrie, et que l'affinage n'est pas encore achevé, il faut décrasser le bain, ou enrichir les scories par de nouvelles additions d'oxydes riches. En tous cas, on voit que l'on est maître de l'opération ; on peut l'arrêter quand on veut, augmenter ou diminuer les doses de fer et d'oxyde, produire à volonté un métal plus ou moins carburé, et cela plus facilement que dans l'appareil Bessemer, parce que l'opération est beaucoup plus lente et que l'on peut prendre plusieurs essais dans le cours de chaque opération. On puise en effet le métal avec une cuillère en fer, verse le contenu dans une lingotière et soumet le lingot au marteau de forge. L'échantillon est brisé à froid et la

(*) Lorsque la chaleur est insuffisante, le laitier est noir ferrugineux, tandis qu'il prend une couleur vert claire lorsque la température est très-élevée.

nature du métal jugée par son grain et son degré de dureté et de malléabilité.

On peut suivre, comme je l'ai dit plus haut, deux systèmes opposés : décarburer graduellement et arrêter l'opération au degré voulu ; ou bien pousser jusqu'au fer brûlé, et recarburer par de nouvelles additions de fonte pure. La deuxième méthode vaut mieux par les motifs déjà énoncés, et c'est aussi celle que M. Martin a finalement adoptée. Lors donc que les essais donnent un métal décarburé, suffisamment affiné, on remplace les additions de fer ou de minerai par des additions de fonte pure chauffée au rouge. Après la fusion du métal ajouté et un brassage convenable, on prend un essai qui règle la seconde dose de fonte à ajouter. On fait ainsi deux ou trois additions et l'on prend des essais de demi-heure en demi-heure, jusqu'à ce que l'on arrive au métal voulu, puis on procède à la coulée. Voici les teneurs en carbone de quatre essais successifs, pris sous mes yeux chez M. Verdié, après chaque nouvelle addition de 100 à 200 kilogrammes. Le carbone a été dosé par le brome et je l'ai déterminé aussi comparativement par la méthode de M. Eggertz de Falun.

Le n° 1	a donné	0,0044
Le n° 2	—	0,0054
Le n° 3	—	0,0076
Le n° 4	—	0,0087

Le n° 4 est de l'acier ordinaire mi-dur.

Le n° 1 correspond au fer décarburé ; les autres essais ont été pris après les additions successives de fonte.

Lorsqu'on observe le bain, dans le cours de l'opération, on voit la scorie bouillonner légèrement à la surface. Il se dégage des bulles de gaz qui doivent provenir de la réaction du silicate sur la fonte, et peut-être aussi de celle du quartz de la sole, lequel peut donner, en présence du fer carburé, de l'oxyde de carbone et du siliciure de fer.

Il n'y a pourtant pas ébullition proprement dite, rien qui ressemble au *montage* du bain lors d'un puddlage chaud. Aussi le brassage est-il indispensable, si l'on veut obtenir un produit homogène, et, à mon avis, l'objection la plus grave que l'on puisse faire au procédé nouveau, c'est de fournir difficilement des lingots bien homogènes. On pourrait essayer la perche de bois, indiquée par Hassenfratz et Heath, et employée avec succès, dans le même but, lors de l'affinage du cuivre. Elle résisterait probablemement presque aussi longtemps que le ringard en fer et produirait une agitation plus vive.

La durée d'une opération est au minimum de sept à huit heures, lorsqu'on traite 3.000 kilogrammes. On pourrait donc, à la rigueur, faire trois opérations par vingt-quatre heures; mais comme il faut décrasser la sole et la réparer après chaque fusion, on s'arrange en général de façon à ne faire qu'une opération par poste de douze heures.

Les proportions relatives de fer et de fonte varient avec la nature des produits et celles des fontes dont on se sert. Pour l'acier proprement dit, le commandant Alexandre avait trouvé 3 de fer pour 1 de fonte; mais il se servait de fontes plus siliceuses que carburées, et opérait dans des creusets, ou au réverbère sous une épaisse couche de verre non oxydant. Lorsqu'on opère avec de bonnes fontes pures et un mélange de fer et de riblons un peu oxydés, on peut forcer la dose en fonte. En général, pour l'acier ordinaire, on prend à peu près parties égales de fonte et de fer, et l'on augmente ou diminue la proportion de fonte, selon que l'on veut avoir de l'acier plus ou moins dur ou doux.

M. Martin indique :

Pour son *métal mixte*, par 1.000 de fer, 11 à 1.200 de fonte;

Pour *l'acier à outils*, par 1.000 de fer, 8 à 900 de fonte;

Pour *l'acier doux*, dit *métal homogène*, par 1.000 de fer, 700 à 750 de fonte.

On peut considérablement hausser la proportion de fonte, lorsqu'on substitue à une partie de fer du minerai riche.

Sur le poids de fonte indiqué ci-dessus, on en réserve un sixème à un quart pour les additions de la fin.

Le déchet varie avec les proportions relatives de fer et de fonte. Il est d'autant plus élevé que l'acier est plus doux. En moyenne, on arrive à 6 ou 8 p. 100. C'est la moitié du déchet qu'entraîne le procédé Bessemer. Ainsi, sous ce rapport aussi, la méthode par réaction mérite la préférence. Mais, en réalité, il convient d'ajouter au déchet du réverbère celui que le fer ajouté a déjà subi lors du puddlage. On arriverait alors à un déchet total de 12 à 13 p. 100, ce qui laisserait pourtant encore un léger avantage à la méthode nouvelle. Seulement au déchet vient se joindre l'ensemble des dépenses du puddlage, en sorte que si l'on devait soumettre à cet affinage préalable la fonte supérieure que l'on traite directement au réverbère, ou dans l'appareil Bessemer, le prix de revient final serait nécessairement plus élevé dans le travail par réaction. Mais l'avantage réel du procédé nouveau, c'est de pouvoir utiliser, pour la fabrication de l'acier commun et du fer homogène, des fers doux, provenant de fontes plus ordinaires, que l'on ne pourrait affiner directement dans l'appareil Bessemer. Le puddlage, lorsqu'il est bien fait, élimine des fontes les deux tiers du soufre et les trois quarts du phosphore. C'est une véritable épuration que ne réalisent ni le procédé Bessemer ni la méthode par réaction. Ce fer puddlé, ainsi épuré, n'est pas plus cher que les fontes supérieures (*), et lorsqu'il s'agit de produire de l'acier commun, on doit pouvoir employer le fer ordinaire, dans la méthode par réaction aussi bien que dans la cémentation et la fusion au creuset. Or on sait qu'à Sheffield on fabrique depuis longtemps l'acier fondu,

---

(*) Avec des fontes coûtant 100 francs la tonne, on peut avoir des massiaux puddlés au prix de 140 francs.

par la méthode du creuset, en se servant de fer puddlé, provenant de fontes anglaises du Staffordshire et du Yorkshire. La méthode nouvelle a d'ailleurs l'avantage de pouvoir utiliser très-facilement les bouts de barres, riblons, déchets de toute sorte, vieux fers, etc. Rappelons, enfin, que la proportion de fer peut être considérablement réduite, par l'emploi du minerai riche. Ce dernier mode de procéder a été pratiqué au réverbère par MM. Alexandre et Martin, comme au creuset par M. Uchatins.

En résumé, cependant, le travail au réverbère ne supplantera pas le Bessemer; les deux méthodes ont leur raison d'être : celle-ci, à cause de la rapidité de sa marche et du prix élevé des installations, ne peut convenir qu'aux grandes usines, tandis que le réverbère sera l'outil des ateliers plus modestes, et devra être préféré, lorsqu'on voudra obtenir facilement des aciers de diverses sortes, ou faire des essais en petit.

Il nous reste à dire quelques mots du prix de revient. Je ne possède pas tous les éléments pour l'établir rigoureusement, et d'ailleurs il doit varier avec la nature de l'acier à produire, et la valeur du fer doux qui réagit sur la fonte. Voici cependant quelques données.

On consomme, en moyenne, pour les deux fours, 11 à 1.200 kilogr. de bonne houille par tonne de métal fabriqué. Le déchet ordinaire est de 6 à 8 p. 100 sur le poids réuni du fer et de la fonte. Le nombre des ouvriers est à peu près le même qu'au procédé Bessemer; ainsi, la main-d'œuvre sera de 15 à 20 francs par tonne de métal produit.

L'entretien des fours et autres appareils est moindre que dans les ateliers Bessemer; il n'y a pas là de machine soufflante.

La réparation et la reconstruction périodique des fours ne sauraient coûter 1.000 francs par mois. En admettant, pour cette période de temps, vingt à vingt-cinq opérations de 2 1/2 tonnes à 3 tonnes, l'entretien ne dépassera pas

15 francs par tonne. D'après cela, si nous supposons le prix des fontes supérieures de 160 francs et celui des fers ajoutés de 170 fr., ce qui est élevé comme moyenne, nous aurons, par tonne d'acier commun, en lingots, approximativement :

	fr.
540 kilog. de fonte à 140 francs.	75,60
540 kilog. de fer à 170 francs.	91,80
1.200 kilog. de houille à 12 francs.	14,40
Main-d'œuvre.	17,50
Entretien et matériaux divers.	15,00
Total.	243,30

somme à laquelle on devra ajouter l'intéret des capitaux, les frais généraux, la prime pour le brevet, etc.

Ce qui précède était composé lorsque M. Rinman, agent du comptoir de fer de Stokholm, qui vient de passer plusieurs semaines à la forge de Sireuil, m'a communiqué, avec l'autorisation de M. Martin, les détails suivants sur le procédé nouveau :

La fabrication courante de Sireuil consiste en ce moment (décembre 1867 et janvier 1868), en fer *homogène* pour canons de fusils destinés aux ateliers de Chatelleraut.

Pour obtenir ce produit, on prend 6 à 700 kilogrammes de fonte truitée, ou blanche lamelleuse, de Saint-Louis. Après la fusion, on ajoute, de demi-heure en demi-heure, 100 kilogrammes de fer puddlé, obtenu avec un mélange de fonte au bois de Lachat (Dordogne) et de cette même fonte de Saint-Louis. Ces additions de fer vont jusqu'à 1.200 kilogrammes et durent six heures. Il en résulte un fer *brûlé*, qui n'a donné à M. Rinman que 0,001 de carbone, en se servant de la méthode Eggertz.

On ajoute alors, pour opérer la recarburation, environ 7 p. 100 de la charge antérieure, savoir 125 à 150 kilogrammes de fonte miroitante de Saint-Louis, dont j'ai précédemment donné la composition. Une heure après, on fait

la coulée, et l'on obtient un lingot donnant, par le même mode d'essai, 0,0043 de carbone.

Dans une autre opération où, avec 700 de fonte primitive, on n'a ajouté que 1.100 kilogrammes de fer puddlé, la teneur du fer brûlé était de 0,0022, et celle du fer homogène, après addition de 125 kilogrammes de fonte spéculaire, de 0,0037.

La consommation par opération est de.	1.260 kilog.
de houille, dans le four de fusion, et de.	1.000 kilog.
pour le chauffage préalable du fer et de la fonte.	
Total.	2.340 kilog.

Ainsi, pour une charge totale en fer et fonte de 2.000 kilogrammes, on consomme 2.340 kilogrammes de houille, et l'on obtient 1.800 à 1.820 kilogrammes de lingots. La main-d'œuvre, pour une pareille opération, coûte d'ailleurs 30 à 35 francs. D'après cela, par tonne de lingots, les éléments du prix de revient, en dehors du fer et de la fonte, sont à Sireuil de :

Houille.	1.300 kilog.
Déchet.	9 à 10 p. 100
Main-d'œuvre. . . .	17 à 19 fr.

Ces chiffres diffèrent peu de ceux que j'ai donnés ci-dessus. Ils sont cependant un peu plus élevés, ce qui provient de ce qu'à Sireuil on opère sur des charges de deux tonnes seulement, et de ce que le produit ordinaire est du fer homogène et non de l'acier, ce qui allonge l'opération. Il faut parfois plus de douze heures, en y comprenant le temps qu'exige la réparation de la sole. J'ajouterai que la scorie de Sireuil est en général plus claire, moins ferreuse et moins bulleuse que celle de M. Verdié, ci-dessus analysée.

Le 18 décembre, on fit, sous les yeux de M. Rinman, une opération avec addition de minerai. Ce dernier venait de Blanka (Ramsberg, en Suède) ; c'était du fer oxydulé, à 78 p. 100, presque pur. Pour le premier bain, on prit

1.000 kilogrammes de fonte truitée de Saint-Louis, préalablement chauffée au rouge. La fusion étant complète au bout d'une heure et demie, on procéda aux additions du minerai, par doses de 20 kilogrammes, en fragments de la grosseur du poing ou au-dessous. Le minerai fut jeté froid dans le four, ce qui est un défaut. La scorie devint presque aussitôt noire et visqueuse, et se boursouffla. Il fallut par deux fois ôter une partie du silicate pour modérer son action. On ajouta en somme 140 kilogrammes de minerai et 600 kilogrammes de fer puddlé. A la douzième heure seulement, on put procéder à la recarburation par l'addition ordinaire de 125 kilogrammes de fonte spéculaire. La coulée se fit au bout de la treizième heure.

Le métal était bon, mais le four plus endommagé qu'à l'ordinaire. C'est le grand obstacle à l'emploi du minerai. L'homogénéité est aussi plus difficile à réaliser.

Le produit se composait de lingots pesant.	1.499 kilog.
et débris divers.	84 kilog.
Total.	1.583 kilog.
ce qui, sur une charge de.	1.125 kilog. de fonte,
et.	600 kilog. de fer.
Total.	1.725, correspond à un

déchet de 8 p. 100.

On voit par là que l'oxyde, malgré sa richesse élevée, a fourni peu de fer et qu'il vaudrait mieux se servir de minerai chaud, réduit en partie ou en totalité dans une sorte d'appareil *Chénot*.

Pendant le séjour de M. Rinman, on a également essayé de remplacer le fer puddlé par de vieux rails de la compagnie d'Orléans.

En prenant 500 kilogrammes de fonte blanche lamelleuse de Saint-Louis et 600 kilogrammes de vieux rails, la méthode Eggertz a donné, dans le petit lingot d'essai, 0,0127 de carbone.

Après addition de 1.100 kilogrammes de rails, on a trouvé, 0,001 de carbone. Après recarburation par 50 kilogrammes de fonte spéculaire, et après laminage des lingots, le fer homogène produit contenait 0,0025 de carbone. Enfin, en prenant 100 kilogrammes de fonte pour la recarburation, on a trouvé, dans le produit laminé, 0,0050 de carbone. M. Rinman a dosé aussi, dans ces mêmes produits, par la méthode Eggertz, les proportions de soufre.

La fonte de Saint-Louis contient en moyenne 0,0004 de soufre; le fer homogène, pour canons de fusil, 0,0002 à 0,00025. La moitié du soufre se trouve donc éliminée, mais plutôt par le puddlage que, dans le four de fusion, au moment de la réaction du fer sur la fonte ; ce qui le prouve, ce sont les essais faits sur les produits obtenus avec les vieux rails d'Orléans.

Ceux-ci tiennent 0,001 de soufre, tandis que le produit en lingots de 500 kilogrammes de fonte et 1.100 de rails a donné 0,00075 de soufre.

Or les 500 kilogrammes de fonte à 0,0004 de soufre en fournissent	$0^k,20$
et les 1.100 kilogrammes de rails à 0,001	$1^k,10$
Total du soufre contenu	$1^k,30$

D'autre part, les 1.450 kilogrammes de fer fondu à 0,00075 de soufre, en renferment $1^k,09$; donc $0^k,21$ de soufre seulement, ou moins de 1/6 se trouve éliminé par la réaction au réverbère.

On a fait un dernier essai avec de la fonte d'Aubin à 0,002 de soufre et de vieux rails d'Orléans. On a obtenu un fer homogène très-rouverin. On voit que les matières sulfureuses ne conviennent pas plus ici que dans l'appareil Bessemer. Il faut se débarrasser du soufre au haut fourneau, et par le puddlage ou le mazéage. Peut-être cependant réussirait-on en partie, en faisant intervenir du minerai riche, comme dans l'essai ci-dessus mentionné ?

Préparation de la fonte raffinée.

Il me reste à parler d'un produit nouveau, qui vient se placer entre la fonte ordinaire et l'acier fondu : c'est la fonte *raffinée*, dont fait partie le métal *mixte* de M. Martin.

On sait que les fontes sont en général d'autant moins tenaces et moins dures qu'elles contiennent une proportion plus élevée de métaux terreux et de silicium. C'est la cause de la douceur et de la faible ténacité des fontes d'Écosse. On modifie cet état de choses en éliminant plus ou moins complétement, par un procédé quelconque, les éléments étrangers. La simple refonte au cubilot, et surtout la fusion au réverbère, produisent déjà une épuration partielle ; de là la supériorité des fontes de seconde fusion ; mais on peut faire mieux.

En Angleterre, on prépare le *toughened cast iron* (fonte tenace) en refondant la fonte ordinaire avec de petits fragments de fer doux, dans la proportion de 20 à 40 p. 100. C'est précisément le travail par réaction dont je viens de parler ; mais comme on ajoute moins de fer doux que chez M. Martin, on obtient un produit qui tient le milieu entre son métal *mixte* et la fonte ordinaire. En soumettant à cette opération une fonte pure, on aura un produit à demi décarburé, d'une ténacité élevée, et prenant de la dureté par le coulage en coquille. On peut mettre le fer doux dans les moules des gueusets. La fonte fluide empâte le fer, et le mélange est refondu soit au cubilot, soit au réverbère. On peut obtenir un produit analogue en refondant la fonte grise de première fusion avec une certaine dose de fine-metal ou de fonte mazée de qualité supérieure.

A Königshütte, en Silésie, on prépare la fonte *raffinée* (*fein eisen* ou *rein eisen*) en refondant de la bonne fonte grise, au réverbère, sous l'action d'un courant d'air forcé.

C'est un véritable maséage qui épure le métal. On traite ainsi la fonte pour les cylindres lamineurs; elle retient très-peu de silicium.

Quelques usines allemandes livrent depuis plusieurs années, aux compagnies de chemin de fer, des roues de wagon et des croisements de voie en fonte durcie (*Hartguss*) dont la durée est très-grande. Les mêmes usines fabriquent avec ce métal des boulets cylindro-coniques, coulés et durcis en coquilles; on paraît les préférer aux boulets en acier. Le mode de fabrication est tenu secret, mais il est plus que probable que ce métal *mixte* doit être obtenu par l'une des méthodes dont je viens de parler, surtout par celle qui consiste à mêler le fer doux à la fonte. En tous cas, les méthodes en question peuvent donner de la fonte raffinée dure. Les usines allemandes qui fournissent cette fonte durcie sont Buckau, près Magdebourg, sous le nom de métal *Gruzon;* une fonderie de Bude en Hongrie, et un atelier récemment établi à Königsberg. Buckau a exposé au champ de Mars des boulets et quelques autres pièces. C'est une fonte grise ou truitée au centre, fibreuse et d'un blanc argentin sur les bords. On voit bien par les cassures que le métal tient le milieu entre la fonte proprement dite et l'acier. La majoration du prix de la fonte *durcie* de Königsberg sur la fonte ordinaire est de 80 francs par tonne.

On peut anssi améliorer les fontes et les aciers en les alliant à de faibles proportions de tungstène et de titane. Les effets du tungstène ont été spécialement étudiés par MM. Koeller et de Mayr en Autriche, MM. Leguen et Caron en France, et par M. Mushet fils en Angleterre. Le tungstène augmente la dureté et la ténacité de la fonte et de l'acier. La dureté de l'acier croît presque indéfiniment avec la dose de ce métal; on peut, en tous cas, dépasser la proportion de 10 p. 100. Quant à la ténacité, elle grandit jusqu'à 2 ou 3 p. 100, puis diminue au delà. Le métal trop chargé de tungstène devient aigre.

Les fontes préparées et essayées par le commandant Leguen ont été analysées à l'Ecole des mines. Les échantillons contenaient depuis 2 à 10 p. 100 de tungstène. La résistance à la rupture transversale a été accrue, dans le rapport de 37 à 56 ou 57, pour des teneurs de 2 à 4 p. 100;

Dans le rapport de 37 à 62, pour des teneurs de 5 à 7 p. 100; et dans le rapport de 37 à 50 ou 55, pour des teneurs de 8 à 10 p. 100.

Les expériences ont été faites sur de la fonte de Gartsherrie. On a coulé des barreaux quarrés de 0m,60 de longueur et 0m,05 de côté. Supportés aux deux bouts, on les pressait au milieu jusqu'à la rupture. On voit qu'à partir de 3 à 4 p. 100 de tungstène, il n'y a plus intérêt à en augmenter la dose.

Malgré les avantages qui semblent résulter des chiffres que je viens de citer, l'emploi du tungstène ne me paraît pas appelé à se répandre beaucoup. Il est difficile d'obtenir un produit parfaitement homogène. De plus, M. de Mayr de Léoben, qui a fabriqué assez longtemps de l'acier au tungstène, y a renoncé depuis peu, parce qu'il a observé que, dans les chaudes successives, auxquelles on le soumet pour le travailler, et même à froid, le tungstène s'oxyde peu à peu jusqu'au centre des barres, ce qui enlève alors à l'acier toute sa supériorité.

Parmi les produits exposés par M. de Mayr, on voyait, par contre, de l'acier au *manganèse.* Mais je me hâte d'ajouter que je tiens de l'agent même de cet habile fabricant, que l'acier en question ne renferme pas trace de manganèse. J'ai déjà rappelé, en effet, que ce métal rend l'acier plutôt aigre. Mais, dans toutes les méthode d'affinage, il intervient comme épuratif dès que son oxyde n'est pas retenu par la silice. Ajoutons encore que la fonte raffinée et surtout l'acier fondu, obtenu par réaction, sont parfois soumis à un recuit prolongé. C'est l'adoucissement conseillé par Réaumur. On peut, au reste, ou simplement recuire en vase

clos, ce qui détruit la structure cristalline et isolé une partie du carbone sous forme de graphite; ou bien décarburer, par cémentation, comme dans les ateliers de fonte malléable. Les deux procédés diminuent l'aigreur, en même temps que la dureté, sans cependant accroître toujours la ténacité proprement dite.

IV. MÉTHODES BASÉES SUR LA CÉMENTATION.

Lorsqu'on veut épurer la fonte aussi complétement que possible, il faut prolonger l'affinage jusqu'au fer doux, puis arriver à l'acier par recarburation. C'est la voie suivie par MM. Bessemer et P. Martin, dans leurs procédés de traitement immédiat pour acier fondu. Mais comme la recarburation s'y fait par la fonte, on ramène toujours, dans le produit final, une partie des impuretés que renferme cette dernière. Si donc on veut obtenir de l'acier pur, on devra recarburer avec le charbon proprement dit, ou des réactifs charbonneux purs; c'est le principe de la *cémentation*. De là vient qu'à l'époque où l'acier n'était recherché que pour les outils fins, on a bien souvent considéré la cémentation comme l'unique méthode capable de donner le véritable acier, et les fers supérieurs, comme seuls propres à cette fabrication. Cette manière de voir serait juste si l'acier *supérieur* devait seul être appelé *acier*. Mais de même que l'on nomme *fer* et *fonte* toutes les variétés de fers doux et de fontes, depuis les plus tenaces jusqu'aux plus tendres, on ne saurait refuser le nom d'*acier*, ainsi que je l'a dit au commencement de ce mémoire, à toute la série des produits ferreux malléables, susceptibles de prendre la trempe; et cela quel que soit, du reste, leur degré de finesse, de dureté, de ténacité, etc. Ainsi, en cémentant les fers supérieurs, on aura de l'acier supérieur, et en cémentant les fers communs, de l'acier commun. Seulement il

est bien évident, je ne puis assez le répéter, qu'en partant d'une fonte donnée, on aura toujours de l'acier plus pur, en affinant cette fonte pour fer doux et cémentant ce dernier, qu'en affinant la même fonte directement pour acier.

La cémentation peut avoir un double but : on peut se contenter de la simple carburation, ou bien carburer et fondre dans le même appareil. La simple cémentation sans fusion se fait dans les caisses et fours et suivant la méthode que tout le monde connaît. Je n'en parlerai donc ici qu'au seul point de vue de la théorie, sur laquelle on est loin d'être d'accord.

Quant à la carburation et fusion combinées, c'est un procédé qui fut déjà recommandé, vers la fin du siècle dernier, par Chalut et Clouet (*) en France, et par Mushet en Angleterre; mais il est peu usité en grand, si ce n'est depuis quinze à vingt ans. On se sert de creusets ordinaires, ou bien d'un cubilot spécial, d'après la méthode de l'ingénieur Parry. On peut rappeler à ce sujet le mode de recarburation tenté par M. Bérard dans son four à doubles tuyères (page 269).

Cémentation ordinaire.

On peut carburer le fer de bien des manières différentes; on peut faire agir sur le fer le carbone pur, les charbons ordinaires, les carbures solides, les houilles, et même, en général, toutes les substances végétales et animales. On peut se servir aussi de cyanures solides ou gazeux, et de presque tous les gaz et vapeurs renfermant du carbone, tels que l'oxyde de carbone et les nombreux hydrogènes carburés. Toutes les fois que le fer est chauffé au rouge, en présence de l'une quelconque de ces substances, il se carbure, à la surface d'abord, puis graduellement jusqu'au centre.

(*) *Journal de physique*, année 1788, p. 46, 2e partie et *Journal des mines*, t. IX.

Comment et dans quelles circonstances se produit cette carburation et quelle est la nature du carbure obtenu? Telles sont les questions que plusieurs chimistes ont cherché à résoudre. Essayons de résumer leurs recherches, en prenant surtout pour guide un travail récent de M. Margueritte (*).

M. Fremy distingue entre simple carburation et aciération. Pour avoir de l'acier, il faudrait, selon ce savant, le concours de l'azote; mais on a vu déjà à quoi se réduit au fond le rôle de ce gaz. On le rencontre, à la vérité, en quantités minimes dans la plupart des fers, aciers et fontes. Seulement les fers doux et les fontes en renferment autant que les aciers, et en tout cas, il n'y a aucun rapport fixe entre les proportions relatives du carbone et de l'azote, rien qui dénote un véritable composé azoto-carburé.

Mais l'azote est-il au moins nécessaire comme véhicule, ainsi que le pense M. Saunderson? L'azote, qui paraît exister en minime dose dans tous les fers, forme-t-il du cyanogène avec le carbone, et ce carbone ne peut-il s'unir au fer que lorsqu'il se présente à l'état de cyanogène ou de cyanure? En un mot, l'azote du fer, ou l'azote venant de quelque autre source, fait-il la navette, en s'emparant du carbone pour le céder au fer?

Les expériences de M. Margueritte prouvent que l'azote n'intervient, en réalité, ni comme véhicule ni comme élément constitutif de l'acier. Entrons à cet égard dans quelques détails.

D'anciennes expériences semblaient bien établir que la présence de l'azote n'était pas nécessaire pour carburer le fer; mais comme on s'était servi de vases en terre, dont les parois ne sont pas imperméables aux gaz, on pouvait objecter que l'atmosphère des foyers a dû fournir le gaz en question. Il fallait donc reprendre les expériences, en s'entourant

---

(*) *Annales de physique et de chimie*, 4e série, t. VI, p. 55 (année 1865).

de précautions nouvelles. C'est ce qui a été fait par M. Margueritte ; ce savant a pris des tubes en porcelaine vernis à l'intérieur et à l'extérienr, ce qui les rend, d'après les essais de M. H. Sainte-Claire-Deville, absolument impénétrables par les gaz des foyers.

Dans une première série d'expériences, M. Margueritte a d'abord vérifié cette imperméabilité; puis il a constaté que le fer tout à fait pur, provenant de l'oxalate, est aussi bien carburé par l'oxyde de carbone que le fer du commerce, dans lequel on peut soupçonner des traces d'azote. Pour que l'expérience réussisse, il faut cependant que le courant gazeux ne soit pas trop lent. L'acide carbonique produit, s'il n'est pas rapidement évacué par l'oxyde en excès, peut de nouveau brûler le carbone qui vient de s'unir au fer (*).

La carburation du fer pur, provenant de l'oxalate, répond d'ailleurs aussi à une objection d'un autre genre, faite par M. Caron. Cet habile chimiste avait constaté que le siliciure de fer se transforme, sous l'influence de l'oxyde de carbone, en silice et carbure de fer, et il avait cru, d'après cela, pouvoir attribuer la décomposition de ce gaz à la présence d'un peu de silicium dans les fers du commerce. Le silicium, en effet, manque rarement, mais lorsqu'on le dose on voit qu'il est hors de proportion avec le poids de carbone enlevé par le fer à l'oxyde de carbone. Cependant M. Margueritte n'a pu dépasser, dans ses expériences, le degré de carburation qui correspond à l'acier, et semble admettre qu'on ne pourrait obtenir de la fonte par ce procédé. Il se trompe à cet égard, car M. Stammer y est parvenu en faisant agir, pendant huit jours consécutifs, de l'oxyde de carbone sur le fer; et d'ailleurs si l'oxyde de carbone est réellement *dissocié* à une

(*) MM. Laurent et Leplay n'avaient pu réaliser la carburation du fer par l'oxyde de carbone (*Annales de physique et de chimie*, 2e série, t. LXV, p. 403). Mais un chimiste allemand, M. Stammer, l'avait constatée dès 1851. (*Bergwerks freund* 1851, p. 388.)

température élevée, son action doit être la même que celle du carbone solide et pur. Or ce dernier transforme le fer en carbure, comme le prouvent les expériences suivantes.

Pour établir que le carbone cémente le fer sans intervention d'aucun autre élément il fallait opérer, comme pour l'oxyde de carbone, dans des vases imperméables aux gaz. M. Margueritte a placé dans un tube, doublement vernissé, une petite lame de fer doux, s'appuyant sur les bords d'une nacelle de porcelaine et, sur le fer, un diamant. Avant de chauffer le tube on y fit passer, pendant plusieurs heures, de l'hydrogène pur et sec afin d'en chasser tout l'oxygène qui aurait pu former de l'oxyde de carbone. Après cela, on chauffa le tube pendant quelque temps, et ouvrit l'appareil après refroidissement. La lame de fer était percée comme à l'emporte-pièce, et dans la nacelle on trouva un globule de fer carburé fondu. Dans une autre opération, on mit de la poudre de diamant dans la capsule de porcelaine, on y plongea l'une des extrémités d'un morceau de fil de fer, puis on chauffa également au milieu d'une atmosphère d'hydrogène pur et sec. Le fer ne fut cémenté que dans la partie plongée au milieu de la poudre, tandis que la partie extérieure n'était pas modifiée. On doit donc rejeter la volatilité du carbone admise par Laurent, et l'on voit, en définitive, que le carbone solide et l'oxyde de carbone carburent aussi bien, quoique moins rapidement, ce dernier surtout, que les composés gazeux, hydrocarburés et azotocarburés.

Ces dernières expériences prouvent d'ailleurs que l'azote n'est pas nécessaire pour cette carburation par le carbone pur. L'hydrogène, en effet, d'après M. Fremy lui-même, enlève l'azote au fer, en sorte que si cet élément était indispensable à la constitution de l'acier, l'aciération eût été impossible dans les expériences que je viens de citer, où le carbone et le fer se trouvaient au sein d'une atmosphère d'hydrogène pur.

La cémentation par le carbone solide résulte aussi de l'ancienne expérience de Réaumur déjà citée (page 272). Lorsqu'on plonge une barre de fer dans un bain de fonte en fusion, le fer est progressivement cémenté à partir de la surface. Et l'on sait aussi, par la pratique de M. Verdié de Firminy (Loire), que l'acier fondu, coulé sur du fer chauffé au rouge, s'y attache par soudage en lui cédant un peu de carbone.

M. Margueritte a constaté d'ailleurs que le carbone chemine réellement de molécule à molécule, comme l'a prouvé déjà Gay-Lussac, en 1846, contrairement à l'hypothèse de M. Leplay (*). Lorsqu'une barre de fer un peu épaisse est faiblement cémentée, par n'importe quel procédé (par un gaz ou du charbon solide), la partie externe est seule carburée, tandis que le centre demeure intact. Mais si ensuite on chauffe longtemps la barre, au sein d'une atmosphère d'hydrogène, on verra le carbone s'avancer graduellement de la surface vers le centre, en sorte que le fer sera, après refroidissement, faiblement carburé dans toutes ses parties. Ce mouvement des molécules solides, longtemps nié, paraît se rattacher à l'ordre de faits découverts par M. Tresca, dans ses intéressantes expériences sur la fluidité des corps mous.

Rappelons maintenant que lorsqu'on carbure ainsi le fer, par l'un quelconque des modes cités, on peut toujours, à volonté, obtenir de l'acier ou de la fonte. C'est une question de température et de temps ; seulement la durée de l'opération et la chaleur nécessaire varient avec la nature du composé carburant. Le charbon très-divisé, l'hydrogène bicarboné, le cyanogène et les cyanures carburent plus rapidement que l'oxyde de carbone et le charbon en morceaux.

En partant des faits que je viens de résumer, la théorie de la cémentation dans les caisses me paraît facile à éta-

---

(*) *Annales de physique et de chimie*, 3e série, t. XVII, p. 225.

blir. Dans ces appareils, le fer est en présence du charbon, de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène faiblement carburé. Chacune de ces substances contribue pour sa part à la carburation. L'oxyde de carbone fait la navette. Il est décomposé par le fer, puis de nouveau ramené par le charbon à l'état d'oxyde. Toutefois cette action est lente, et la carburation doit surtout être le fait du charbon solide. Mais à côté de cela ne se produit-il dans les caisses de cémentation aucune autre réaction ? On sait qu'il se forme des cyanures alcalins dans les hauts fourneaux, et même en général dans tout appareil où le charbon agit, au rouge intense, sur le carbonate de potasse et l'azote.

Or le charbon de bois renferme toujours du carbonate de potasse, et l'azote aussi ne manque pas dans les caisses à cémenter. Il s'y formera donc du cyanure de potassium qui, lui aussi, doit faire la navette. Le fer décompose le cyanogène, et le potassium, mis en liberté, reforme du cyanure. Une partie cependant se perd par volatilisation ; aussi, à la longue, le charbon des caisses doit se trouver privé de tout alcali et perd alors, comme agent carburant, une partie de son efficacité première. On sait, en effet, que le vieux cément n'est jamais aussi actif que le cément frais, et s'il a perdu un peu d'hydrogène carboné dans une première opération, cette circonstance seule ne me semble pas suffire pour expliquer la différence d'action des deux céments.

Cependant M. Margueritte n'admet pas la formation des cyanures dans les caisses de cémentation (*) Il s'appuie sur

(*) M. Margueritte admet que, dans les caisses de cémentation, les cendres alcalines, ainsi que le baryte et la chaux, ne forment pas de cyanures et n'agissent sur le fer qu'en lui enlevant le soufre qu'il peut contenir (p. 83 de son mémoire). S'il en était ainsi, ces matières alcalines resteraient sans action dans la cémentation des fers purs, et dans ce cas le vieux cément ne devrait rien perdre de son efficacité.

les recherches de M. Cailletet, qui a bien rencontré de l'azote, de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone dans le gaz qui s'échappe des caisses de cémentation, mais non du cyanogène ni des cyanures (*). Je reconnais l'exactitude des analyses, mais non celle des conséquences qu'en tire M. Margueritte. Le cyanogène et les cyanures se décomposent trop aisément, en présence du fer. pour résister à son influence. C'est le potassium et non le cyanure qui doit se volatiliser. On sait, au reste, que les cyanures et les cyanoferrures alcalins sont des agents de cémentation très-énergiques, et qu'on en fait depuis longtemps usage dans les arts, pour l'aciération du fer. Je ne puis donc admettre la théorie de M. Margueritte, qui nie la formation des cyanures, ni celle de M. Caron, qui assure que le carbone ne peut être apporté au fer que par un gaz (**). La vérité est entre deux. A mon avis, d'après ce qui précède, la cémentation, telle qu'elle est pratiquée dans les usines, paraît surtout due au charbon solide, mais résulte aussi de l'action carburante de plusieurs gaz, auxquels vient enfin se joindre très-probablement le cyanure de potassium.

Avant de clore cette discussion un peu longue sur les causes de la cémentation, qu'il me soit permis de relever encore quelques assertions un peu hasardées de M. Fremy.

Ce savant affirme que, dans l'ancienne théorie, les ampoules de l'acier cémenté ne s'expliquent pas (***). Cela serait vrai si le fer en barres était parfaitement pur. Mais qui ne sait, dans les forges, que le meilleur fer renferme toujours des particules scoriacées que le cinglage n'a pu expulser? Or, dès que le carbone pénètre dans une barre, il réduit ces silicates et dégage de l'oxyde de carbone. C'est ce gaz qui disjoint les barres et produit les ampoules; et cela

(*) *Comptes rendus*, t. LX, p. 344.
(**) *Comptes rendus*, t. LII, p. 638 et 680.
(***) *Comptes rendus*, t. LII, p. 627.

est si vrai, que les fers mous qui renferment naturellement le moins de carbone et, par suite, le plus de parties oxydées, se couvrent précisément d'ampoules plus nombreuses et plus fortes.

M. Fremy assure aussi qu'on ne peut préparer de l'acier avec les fers phosphoreux, sulfureux ou siliceux, parce que leur azotation serait impossible (*). Que ces fers impurs ne puissent donner un acier tenace, cela est évident; mais dire que leur carburation, ou aciération, est impossible dans les caisses de cémentation, cela serait aussi peu exact que de prétendre qu'on ne peut obtenir des fontes avec les minerais sulfureux, phosphoreux ou siliceux. L'erreur vient de la différence, si peu justifiée, que M. Fremy a toujours voulu établir entre les termes de carburation et d'aciération; tandis qu'en réalité, je ne saurais assez le répéter, c'est une seule et même opération, donnant toujours, selon la durée du travail, la température des caisses et la nature de l'agent carburant, de l'acier d'abord, de la fonte ensuite. L'important est de conduire l'opération assez lentement pour que le carbone ait le temps de pénétrer au centre des barres, sans surcarburer les parties externes. J'ajouterai, avec M. Margueritte, que le procédé actuel de la cémentation remplit ce but. Ce n'est pas lui qu'il faut chercher à modifier. Le problème à résoudre est plutôt d'obtenir de bons fers avec n'importe quel minerai. Or, sous ce rapport, il reste beaucoup à faire; non-seulement on ne sait pas épurer le fer, mais on ne connaît même pas l'influence spéciale de chacun des éléments étrangers sur les qualités essentielles du fer, de l'acier et de la fonte.

On élimine assez bien le soufre, en grillant les minerais ou les fondant avec un excès de castine. Au moment de l'affinage, on enlève aussi le manganèse et le silicium, et même une partie du phosphore, lorsqu'on maze ou puddle

(*) *Comptes rendus*, t. LII, p. 635.

les fontes en présence de scories fortement basiques. Mais l'épuration n'est jamais parfaite, et les moyens font surtout défaut, lorsqu'il s'agit d'éliminer quelques autres corps, tels que le cuivre, le nickel et l'arsenic. En résumé donc, il reste encore vrai de dire qu'on ne peut obtenir de bon acier si l'on ne se sert de matières premières pures.

Cémentation et fusion simultanées au creuset.

Chalut et Clouet ont préparé de l'acier, dès le siècle dernier, en fondant le fer doux avec 1 à 2 p. 100 de poussière de charbon.

Mushet a pris en Angleterre, vers 1800, un brevet d'invention pour le mode même de fabrication. Et dès lors, plusieurs fabricants ont préparé l'acier fondu en grand par ce procédé. Je citerai, en particulier, MM. Fénéon et Frichou qui ont appliqué la méthode, à Saint-Étienne, dès 1830, dans l'usine des Rives. On fondait au creuset les limailles et tournures de fer ou d'acier, de la fabrique d'armes, en y mêlant un peu de charbon de bois. L'usine a marché ainsi avec succès près de vingt ans. L'acier n'était pas, à la vérité, de première qualité, mais son prix de revient était peu élevé. D'autres fabricants de la Loire ont aussi appliqué et appliquent encore la même méthode pour utiliser des rebuts divers, tels que bouts de barres, rognures, etc. On produit ainsi de l'acier commun.

En 1839, William Vickers de Sheffield et Heath demandent l'un et l'autre des brevets pour la fabrication directe de l'acier fondu. Le premier prend 100 de tournures de fer, 3 de peroxyde de manganèse et 3 de charbon de bois; le second, un mélange de fer, de matière charbonneuse et de 1 à 3 p. 100 de carbure de manganèse.

En 1856, Joseph Bennet Howell réclame un brevet pour produire, avec un mélange analogue, de l'acier doux qu'il appelle *métal homogène.*

Enfin, MM. Naylor et Vickers, fabriquent à Sheffield, depuis plusieurs années, presque exclusivement du fer homogène et de l'acier ordinaire, soit par la méthode de réaction, soit en fondant directement de petits morceaux de fer avec 2 p. 100 de poussière de charbon de bois. Leur usine contient 144 fours à deux creusets, recevant chacun 24 à 25 kilog. de métal.

On voit, par cette revue rapide, que la préparation de l'acier, par cémentation et fusion simultanées, est devenue réellement un procédé pratique. On peut traiter ainsi toute sorte de fer, mais la bonté de l'acier dépend nécessairement de celle des fers. Un métallurgiste américain, *M. Farrar*, avait bien assuré, il y a quelques années, qu'à l'aide de certains mélanges (formés surtout de cyanures alcalins), il pouvait non-seulement rapidement carburer et fondre les fers, mais encore les épurer et obtenir de bon acier avec n'importe quel fer. Son Excellence M. le ministre des travaux publics nous chargea, M. Rivot et moi, d'assister aux expériences de M. Farrar et d'éprouver les aciers produits. Nous reconnûmes, comme on devait s'y attendre, que de bons fers donnaient de bons aciers, mais aussi les fers communs, de l'acier inférieur cassant à froid et à chaud. Ici donc le procédé d'épuration reste également à trouver.

En somme, la fusion immédiate au creuset est un procédé simple et facile à appliquer ; mais on arrive difficilement à un degré aussi fixe de carburation qu'en fondant, selon la méthode ancienne, un mélange d'aciers cémentés, triés avec soin au sortir des caisses.

Cémentation et fusion au cubilot. — Double affinage.

[Procédé Parry (*)].

La cémentation et fusion simultanées au creuset ne peuvent donner de bons produits que si les fers eux-mêmes sont purs. Mais ce qui est impossible à réaliser par une opération unique peut l'être, jusqu'à un certain point, par un *double* ou *triple* affinage.

C'est le principe du procédé Parry.

Les fontes anglaises ordinaires sont phosphoreuses et sulfureuses ; on ne peut les transformer en aciers marchands ni par réaction, ni dans l'appareil Bessemer. Le soufre et le phosphore restent en majeure partie dans le produit final. Mais lorsqu'on puddle ces fontes dans un bain de scories basiques, on réalise l'expulsion de la majeure partie des deux éléments ; c'est un fait aujourd'hui bien établi. M. Parry assure qu'il a souvent constaté, à Ebbwvale, que le soufre est ainsi ramené au tiers de sa teneur primitive, et le phosphore au quart ou au cinquième. On peut contester les chiffres ; ils doivent varier avec le mode de travail ; mais le fait lui-même de l'épuration partielle n'est pas douteux.

Le fer, ainsi épuré par le puddlage, est recarburé dans un cubilot de 3 à 4 mètres de hauteur sur $0^m,50$ à $0^m,60$ de diamètre. En se servant de coke pur et de castine en excès, on obtient de la fonte blanche à 2 ou 3 p. 100 de carbone, que l'on affine pour acier. Cette dernière opération devait être faite par le procédé Martien de Newark, dont la compagnie d'Ebbwvale s'était rendue propriétaire pour le Royaume-Uni (**). Des difficultés diverses firent cependant adopter bientôt, pour ce dernier travail, la cornue Bessemer.

(*) Brevet anglais de 1861, n° 2900 du 18 novembre.

(**) Brevet anglais de 1855, n° 2082 du 15 septembre.

Voici donc comment on opère aujourd'hui à l'usine d'Ebbwvale (*).

On recarbure dans le cubilot, dont je viens de parler, des bouts de barre, des rognures, des massiaux puddlés, des fers de toute provenance. Pour faciliter le travail, on y ajoute une certaine proportion (poids égal en général) de bonne fonte d'hématite. Le produit coule directement dans la cornue Bessemer, où l'on affine pour fer doux, avec recarburation finale, par addition de fonte manganésifère, selon le mode généralement suivi. Le produit obtenu est suffisamment tenace pour supporter le laminage et donner des rails et des fers à T. C'est un acier commun, ou fer homogène ordinaire, mais qui pourtant, par le fait de son homogénéité même, sera toujours plus tenace que le même fer, mis en paquet et soudé au réverbère.

On voit donc que le procédé Parry, comme le travail par réaction, et mieux que ce dernier, à cause du double affinage, permet d'utiliser, pour la fabrication de l'acier commun, des fontes et des fers de qualité ordinaire.

A la vérité, la recarburation et le double affinage augmentent les frais. Le prix de revient de l'acier Parry excéderait le prix de l'acier Bessemer, si l'on devait traiter des matières identiques. Mais l'avantage du nouveau procédé réside précisément dans cette faculté de pouvoir affiner des fontes moins chères que celles que réclame l'appareil Bessemer.

Pour que le fer homogène et l'acier fondu puissent, dans l'établissement des voies ferrées et dans les grands travaux de construction, prendre la place des barres laminées ordinaires, obtenues par soudage, il faut ne pas être réduit à l'emploi exclusif des minerais purs. Toute méthode qui ne sait pas traiter les minerais communs, restera fort

(*) Notes manuscrites de M. Michel Lévy, élève ingénieur des mines.

limitée dans ses applications et sera bientôt frappée de mort. Le procédé Bessemer, tel qu'il est pratiqué aujourd'hui, est malheureusement dans ce cas. Il lui faut des fontes pures. On peut y remédier par la méthode Parry, et même en partie par le procédé Martin. C'est là, à mes yeux, l'avantage principal des méthodes nouvelles. La solution n'est pourtant ni complète ni radicale. L'épuration *parfaite* des minerais ou des fontes ne sera probablement jamais réalisée. Il faut se contenter de simples expédients. Or le procédé nouveau permet déjà d'utiliser pour acier, des matières moins pures que celles que l'on était habitué d'employer jusqu'à présent. C'est une voie nouvelle ouverte au progrès, et une voie qui, à mon sens, a le grand avantage de ne pas faire table rase de tout ce qui existe. Les fours de puddlage trouvent encore leur emploi. Par les procédés anciens on transformera les minerais communs en massiaux puddlés; et ces massiaux seront plus ou moins recarburés, par voie de réaction au réverbère Martin, ou par fusion au cubilot Parry.

Mais le puddlage proprement dit est-il bien nécessaire ? Il faudrait tenter de le remplacer par un simple mazéage, pratiqué au bas foyer ou au réverbère, sous un bain de scories basiques. Le métal, ainsi raffiné par un premier travail, serait ensuite recarburé dans le cubilot Parry, ou même repassé dans le haut-fourneau, avec des minerais de choix. Le principe de l'épuration *progressive*, opérant tour à tour par oxydation et recarburation, me paraît fécond en résultats.

L'exemple est donné; il s'agit de le suivre, car les minerais purs seraient promptement épuisés si l'on devait délaisser les minerais communs. Il est évident, d'ailleurs, que le principe en question peut recevoir les applications les plus variées; aussi, je ne doute pas, que les praticiens ne se livrent bientôt dans cette voie à de nombreux essais.

Une observation encore avant de finir.

L'acier Bessemer, l'acier Martin, l'acier Parry sont, depuis peu, laminés pour rails, dans bon nombre d'usines, et les compagnies de chemins de fer paraissent surtout exiger pour cette fabrication des aciers durs. C'est bien, si les fontes sont pures, comme en Suède et en Autriche ; c'est une erreur, je crois, lorsqu'on a affaire aux fontes ordinaires. Pour que les rails ne soient pas alors cassants, il faut que l'acier soit plutôt doux et presque du fer homogène. Si l'on ne peut unir la ténacité à la dureté, il faut plutôt rechercher la ténacité et sacrifier la dureté.

LÉGENDE EXPLICATIVE DES PLANCHES.

Pl. VII. *Laminoir oscillant à secteurs cylindriques, recevant le mouvement à l'aide de bielles.*

Fig. 2. Plan du laminoir et de la machine motrice.
Fig. 1. Coupe verticale perpendiculaire à l'axe du laminoir.
Fig. 3. Elévation parallèle à l'axe du laminoir.
Fig. 4. Coupe du cylindre moteur.

m Cylindre moteur.
t' Tige du piston.
pp Bielles du secteur supérieur.
O Bielle du secteur inférieur.
n Traverse ou tête reliant les bielles à la tige du piston.
D Secteur à cannelures supérieur.
C Secteur à cannelures inférieur.
C^2 et D^2 Points d'attache des bielles.

Pl. VIII. *Laminoirs oscillants à secteurs cylindriques, recevant le mouvement à l'aide de crémaillères.*

Fig. 1 et 2 représentent le laminoir à crémaillère SIMPLE.
Fig. 1. Coupe verticale perpendiculaire à l'axe du laminoir.
Fig. 2. Coupe verticale parallèle à l'axe du laminoir.

k Cylindre moteur, recevant de l'eau sous pression, de façon à pouvoir varier à volonté le sens et l'étendue de la course.
j'' Tige du piston.
jj Crémaillère simple.
j' j' Galets supportant la crémaillère.
ii Secteur denté, fixé comme manivelle à l'un des bouts du cylindre lamineur inférieur.
C Secteur à cannelures inférieur.
D Secteur à cannelures supérieur.

Ils sont reliés l'un à l'autre par les arcs dentés C', D'.

Fig. 3 et 4 Représentent le laminoir à crémaillère DOUBLE.
Fig. 3. Coupe verticale perpendiculaire à l'axe du laminoir.
Fig. 4. Coupe verticale, parallèle à l'axe du laminoir.

m Cylindre à vapeur.
l' Tige du piston.
l Crémaillère double.
C et D Les deux secteurs à cannelures
C' et D' Les deux segments dentés mus par la crémaillère.

Pl. IX et X. *Presse à forger de M. Haswell.*

Pl. IX. *Fig.* 1. Représente le plan de la presse et de l'appareil moteur.

Pl. X. { *Fig.* 1. L'élévation de la presse proprement dite.
Fig. 2. Une coupe verticale par l'axe de la presse.

a Cylindre à vapeur donnant la pression.
k Appareils qui mettent en jeu le tiroir des cylindres à vapeur.
cc Tiges de piston du cylindre *a*, formant pistons plongeurs dans les deux pompes aspirantes et foulantes *p*.
tt Tuyaux d'aspiration des pompes *p*.
rr Récipients d'air pour régulariser le travail des pompes *p*.
t' t' Tuyaux amenant l'eau refoulée dans le corps de la presse P.
P Corps en fonte de la presse, présentant deux cylindres superposés, l'un inférieur dans lequel se meut le piston forgeur G, l'autre supérieur dans lequel se meut le contre-piston C qui sert à remonter le piston G.
ff Bielles reliant les pistons G et C.
Q Chabotte de l'enclume, supportant le corps de la presse au moyen de quatre colonnes en fer.
d Tuyau qui établit la communication entre le réservoir *l* et la presse P.
ss Soupape à tiges destinées à ouvrir ou fermer la communication entre les pompes *p* et la presse à forger, et entre la presse et le réservoir *l*.
i, *h* Leviers pour la manœuvre des tiges de soupapes ci-dessus. Ces leviers sont mis en mouvement par de petits cylindres à vapeur non figurés sur le plan.

l Réservoir recevant l'eau de la presse quand on remonte le piston forgeur. Ce réservoir est divisé en deux par un piston. Il supporte l'eau dont on vient de parler, tandis que la vapeur agit sur sa face inférieure.

m Réservoir fournissant l'eau d'alimentation aux pompes *p*. Il reçoit en même temps le trop-plein de l'appareil *l*.

Voici maintenant le jeu de l'appareil :

Le piston forgeur G étant au bout de sa course, et la pièce à forger en place, sur l'enclume, avec les matrices qui doivent lui donner sa forme, on dispose les soupapes *ss* de manière à ouvrir la communication entre le réservoir *l* et le cylindre de la presse à forger, puis on fait agir la vapeur sur la face inférieure du piston du réservoir *l*; l'eau chassée fait rapidement descendre le piston forgeur G jusqu'au contact des matrices ou de la pièce à forger. Alors on change la position des soupapes *ss*, pour mettre la presse en communication avec les pompes *pp*, et l'on fait marcher la machine *a* jusqu'au degré de compression que l'on peut obtenir.

On change de nouveau la position des soupapes *ss*; les pompes relèvent le contre-piston C, et le grand piston G refoule l'eau dans le réservoir *l*.

On retourne la pièce à forger et les mêmes manœuvres recommencent.

Dans la machine construite pour M. de Mayr de Léoben, la pression de l'eau était de 405 kilog. par centimètre quarré ; par suite on obtenait, sur le grand piston de 49 centimètres de diamètre, une pression totale de 764 tonnes. On forge ainsi des tiges de piston, des têtes de bielles, des éléments de roues en fer, etc.

Pl. X. *Fig.* 3. Représente un croquis de la presse à forger de M. Bessemer. Elle est plus simple que la presse Haswell, et se compose d'une ferme ou cage en fonte A, semblable à celle d'un gros laminoir. Elle est munie d'une puissante vis en acier fondu BB, qui agit sur la face supérieure d'une forte masse de fonte C, disposée à la façon d'un marteau-pilon, et glissant comme lui le long des deux montants de la ferme. Le marteau est pourvu d'une panne ordinaire ou d'une panne matrice D. Il est suspendu, par une forte tige *ff*, à un levier à contre-poids qui relève le marteau dès que la vis n'agit plus sur lui.

La tige *ff* passe par l'axe de la vis, percée à cet effet de part en part.

La pièce à forger E est placée sur la panne F de l'enclume. Celle-ci est mobile et ressemble au grand piston renversé de la presse Haswell. Elle se compose d'un fort piston qui a 60 centimètres de diamètre vers le haut, le tiers ou le quart dans le bas. Une rainure, creusée le long du cylindre inférieur permet à l'eau d'agir sur la double base du piston G.

L'eau est refoulée directement par le piston J à l'aide d'une puissante

machine à vapeur. Lorsqu'on veut se servir de la presse, on descend le marteau C jusqu'à une distance de l'enclume qui soit un peu supérieure à l'épaisseur de la pièce à forger, puis on donne le mouvement à la pompe J. Si la machine à vapeur est pourvue d'un fort volant, on peut, à volonté, faire agir l'appareil par pression lente, ou par une sorte de pression brusque ou de choc.

Dans le premier cas, on descend le marteau C jusque sur la pièce à forger, et la pression se fait sentir dès que la machine est mise en mouvement. Dans le second, on laisse entre eux deux un certain intervalle ; alors le piston J pousse le grand piston G avec une vitesse accélérée, et au moment où la pièce E rencontre la panne D, il y a choc et violente pression, dus à l'action du volant de la machine. En abaissant successivement le marteau C, à l'aide de la vis D, en peut forger ou étirer comme sous un marteau ordinaire.

Dans la machine construite par M. Bessemer, on arrive sur l'enclume jusqu'à la pression de 1.000 kilog. par centimètre quarré, ce qui est suffisant pour le forgeage de l'acier par pression lente.

Pl. XI. *Marteau double de M. Ramsbottom à machine motrice unique.*

Fig. 1. Coupe verticale du marteau double et de la machine motrice.
Fig. 2. Plan du marteau double.
Fig. 4. Elévation transversale suivant XY du plan (2).
Fig. 3. Coupe transversale suivant UV du plan (2).

aa Représentent les deux marteaux supportés par les galets *bb* qui roulent sur les rails *cc*.

Les deux marteaux sont mus simultanément par l'appareil à vapeur, composé du cylindre *d*, du piston *d'*, du tiroir cylindrique d', etc. La tige du piston est fixée à une traverse qui est guidée par des glissières, et la traverse elle-même est liée aux marteaux par les doubles bielles *e'*. L'axe en fer a^4, qui traverse le marteau et supporte les bielles, est garni, sur chaque face, de morceaux de cuir empilés et graissés, pour amortir la réaction des coups de marteaux.

Le tiroir d^2 est manœuvrée par le levier d^3 dont les positions extrêmes sont marquées en lignes ponctuées.

La soupape d'arrêt d^4 est ouverte et fermée par le levier d^5.

A la traverse de la tige du piston est fixé un arrêt d^6 qui soulève le levier d^7, lorsque le piston est arrivé au haut de sa course. Un autre taquet peut de même agir automatiquement sur le levier d^7, pour produire le mouvement en sens inverse. Mais en général on limite plutôt la course du marteau à l'aide du levier à main d^3.

Le lingot à marteler *g* est placé dans la caisse *i*, soutenu lui-même par le châssis i_2, que l'on peut à volonté soulever ou abaisser à l'aide du levier i_3 et des tiges et contre-poids i_5 et i_6. Le châssis i_2 se meut dans les glissières i_4.

Le caisson, et par suite le lingot à marteler, peut aussi se mouvoir horizontalement autour de son axe. On se sert à cet effet de la roue à manettes *j*, qui communique avec le caisson à l'aide des tringles et leviers j^1, j^2, j^4, j^5, j^6. Chaque fois que la roue *j* tourne de 90°, le lingot décrit le même angle. On peut donc à volonté relever ou abaisser, tourner à droite ou à gauche, le lingot à marteler.

Pl. XII. *Four à acier de M. Bérard.*

Fig. 1. Coupe longitudinale.

Fig. 2. Coupe transversale suivant XY de *fig.* 1.

A et B représentent les chariots en tôle qui supportent les soles. On peut les soulever à l'aide de vis, après leur mise en place. Le joint hydraulique *ab* empêche la fuite des gaz chauds.

CC' figurent les deux bassins où s'affine la fonte.

DD sont les soles inclinées sur lesquelles on charge les gueusets de fonte.

G est le four à briques à jour, rempli de coke. Il est pourvu d'une trémie de chargement à fermeture hydraulique.

en EE sont les tuyères annulaires qui amènent les gaz combustibles et l'air chaud.

ii représentent les rampants par où les gaz brûlés se rendent à la cheminée.

en F (*fig.* 2) on voit la crémaillère, portant la tuyère plongeante, qui permet de lancer, dans le bain de fonte, l'air qui doit produire l'affinage et les gaz qui doivent épurer et recarburer.

N représente le système des boîtes, soupapes et tuyaux, qui permet de renverser le sens des courants gazeux.

Pl. XII. *Four à acier de M. Heath.*

Fig. 3. Plan.

Fig. 4. Coupe verticale suivant XY du plan.

Fig. 5. Coupe transversale suivant UZ.

A représente le cubilot dans lequel est refondue la fonte. Celle-ci coule par le canal KK, dans le four à acier C.

à droite et à gauche du canal KK s'étend la sole BB, chauffée par la flamme perdue du four C. On y chauffe au rouge blanc le fer doux qui doit réagir sur la fonte. Le chargement se fait par la porte D. Dans la cheminée de ce four à chaleur perdue, on a installé un appareil à air chaud I, qui alimente, par le tuyau HH, les tuyères *mm* ; ces tuyères sont annulaires. L'air chaud arrive par le conduit central ; le gaz, provenant d'un générateur, se rend par le tuyau GG, dans l'espace annulaire qui entoure les tuyères à air.

E porte du chargement du four à acier.

F trou de coulée.

Le fer, accumulé en BB, est poussé dans le four C, lorsque la fonte est suffisamment chaude. Ce travail se fait par la porte D, dont la situation n'est toutefois pas très-commode pour ce travail.

Pl. XII. *Fig.* 6. Marteau double de M. Ramsbottom à poussée directe. — Le marteau est lié au piston mobile.

Pl. XII. *Fig.* 7. Marteau double de M. Ramsbottom à poussée directe. — Le marteau est lié au cylindre mobile.

Note additionnelle.

J'ai dosé, par la méthode Eggertz, la teneur en carbone du métal *Gruzon* (page 297). J'avais à ma disposition trois échantillons, provenant de l'Exposition : deux fragments de barreaux et un demi-boulet cylindro-conique. On a choisi exclusivement des éclats de fonte blanche, provenant de la surface de ces objets. Le n° 1 a pu être limé ; le n° 2 ne pouvait être entamé que difficilement, et, sur le boulet, la lime ne mordait pas du tout. Il a fallu pulvériser les éclats de ces deux dernières fontes dans le mortier en acier dur d'Abich. L'essai a donné :

Pour le n° 1.	0,0215	de carbone.
Pour le n° 2.	0,0224	—
Pour la fonte du boulet. . . .	0,0240	—

Ces teneurs semblent bien indiquer que le métal Gruzon est une fonte plus ou moins décarburée. Elle est d'ailleurs très-rare. Je n'y ai trouvé que 0,0002 à 0,0003 de soufre.

NOTES

SUR LA PRÉPARATION MÉCANIQUE DE LA GALÈNE ARGENTIFÈRE DANS L'OBERHARZ.

Par M. MATROT, ingénieur des mines.

Mesures, poids et monnaies du royaume de Hanovre (*).

Les poids et les monnaies du Hanovre ont été modifiés par une loi datée de juin 1857. Les nouveaux poids hanovriens sont en concordance parfaite avec les nôtres, et sont soumis à la division décimale. Cette division n'a pu être complétement introduite pour les monnaies : on a du moins fait entrer un facteur 10 dans la division du *Thaler* qui est maintenant partagé en 30 gros (*Neugroschen*), et on a de plus subdivisé le nouveau gros en 10 *Pfennige.* Quant aux mesures de longueur et de capacité, elles sont jusqu'ici restées les mêmes, mais elles doivent être prochainement modifiées et ramenées à des rapports plus simples avec les mesures de notre système métrique.

Mesures de longueur.

1'	=	1 pied	=	12 pouces	=	0m.292094
1''	=	1 pouce	=	12 lignes	=	0m.024341
1'''	=	1 ligne	=			0m.002028

Mesures de capacité.

1 pied cube	=	0mc.024921	=	24lit.921
1 tonne	=	7.5 pieds cubes	=	0mc.1869
1 treiben	=	40.0 tonnes	=	7mc.476

(*) Le présent mémoire a été rédigé en janvier 1866.

Poids.

1 quintal nouveau (centner).	=	100 livres.	=	50 kil.
1 livre nouvelle (pfund). . .	=	10 loth.	=	500 gr.
1 loth nouveau.	=	10 quint.	=	50 gr.
1 quint.	=	10 halbgramm. .	=	5 gr.

Monnaies.

1 thaler (Vereinsthaler). . .	=	30 neugroschen	=	3f.75
1 neugroschen.	=	10 pfennig. . .	=	0f.125
1 pfennig.			=	0f.0125

Coup d'œil général sur l'état présent de la préparation mécanique dans l'Oberharz.

La préparation mécanique des minerais de plomb argentifère de l'Oberharz a été décrite dans tous ses détails par M. Rivot en 1850. Aucune modification importante ne s'est introduite depuis cette époque. A la vérité l'aspect d'un grand nombre d'ateliers s'est singulièrement modifié, et les touristes qui, il y a quinze ans, visitaient les bocards de Zellerfeld, par exemple, ne manqueraient pas, s'ils y retournaient aujourd'hui, de déclarer que tout est changé de fond en comble. Mais pour peu qu'on examine les choses de près, on ne tarde pas à se convaincre que les changements ne sont que dans la forme et que le fond est resté identiquement le même. Les principes généraux sur lesquels reposait, il y a quinze ans, la préparation mécanique de l'Oberharz, principes dont l'excellence est si nettement mise en relief par M. Rivot, n'ont subi aucune atteinte. Non-seulement l'esprit général des méthodes est resté le même ; mais encore la série des opérations n'a pas été modifiée d'une manière sensible : les moyens d'exécution seuls ont changé. Un grand nombre d'appareils nouveaux ont été expérimentés, presque tous avec bonheur, et sont aujourd'hui plus ou moins répandus dans les divers ateliers, mais ces appareils nouveaux font exactement le travail

qu'on exécutait autrefois par d'autres moyens, et n'apportent aux méthodes aucune modification profonde. Toutes les dispositions nouvelles tendent vers un même but : diminuer le plus possible la main-d'œuvre par l'adoption d'appareils continus et automatiques. La nécessité de diminuer la main-d'œuvre de la préparation mécanique est plus impérieuse dans l'Oberharz que partout ailleurs, à cause de l'organisation particulière du pays. Les mineurs du Harz vivent sous un véritable régime socialiste. Les mines et les usines appartiennent à l'État et sont exploitées et administrées par des fonctionnaires ayant à leur tête le *Berghauptmann*, le petit roi du Harz. Les mineurs sont pour ainsi dire enrégimentés et, une fois admis dans la corporation, jouissent jusqu'à leur mort d'un certain nombre de droits et d'immunités : en particulier, ils ont droit, qu'ils soient ou non occupés, à un certain salaire. Le mineur entre d'ordinaire dans la corporation à l'âge de dix ou onze ans et est d'abord employé dans la préparation mécanique où il ne reçoit qu'un salaire extrêmement faible; ce n'est qu'après l'âge de vingt ans que les jeunes garçons deviennent mineurs et obtiennent un salaire relativement élevé. Il résulte de ce mode de recrutement une relation *forcée* entre le nombre de bras employés dans la préparation mécanique et le nombre de bras occupés dans les mines. Or, à mesure que les minerais sont devenus plus pauvres et plus blendeux, la main-d'œuvre nécessaire à la préparation mécanique a notablement augmenté pour un même volume de matière extraite : on se trouvait donc conduit à admettre dans les bocards plus de jeunes garçons que n'en exigeait le recrutement futur des mineurs. Par suite il fallait conserver ces jeunes garçons dans les bocards bien au delà de l'âge où leurs forces leur permettaient un travail plus pénible. Tout le monde y perdait : l'État parce que le tarif de la main-d'œuvre dans les bocards s'élève progressivement à mesure que l'ouvrier avance en

âge et compte un plus grand nombre d'années de service; les ouvriers, parce que le tarif de la main-d'œuvre à âge égal et ancienneté égale est toujours bien moins élevé dans les bocards que dans les mines (*). On a essayé de se tirer de la difficulté en employant dans les bocards des femmes et des filles qui, ne pouvant prétendre à devenir mineurs, devaient se contenter plus facilement que les hommes des salaires restreints de la préparation mécanique. Les essais n'ont pas été heureux : le travail des femmes a été trouvé en général très-défectueux, et presque toutes les

(*) Le tarif de la main-d'œuvre dans les bocards tient compte à la fois de l'âge du jeune garçon et de son ancienneté dans le service; mais c'est l'âge qui exerce de beaucoup la plus grande influence. Je donne ci-après le tableau des salaires maximums pour un âge donné, c'est-à-dire des salaires alloués d'année en année aux jeunes garçons admis dans les bocards dès l'âge de dix ans, limite d'âge inférieure. Les nombres ci-dessous représentent le salaire pour une semaine, c'est-à-dire pour cinq jours de travail. La durée de la journée est de onze heures (de cinq heures du matin à quatre heures du soir): dix heures de travail effectif, repos de onze heures à midi. Le travail est suspendu le samedi et le dimanche. Ces deux jours-là, les jeunes garçons employés dans les bocards sont tenus d'aller à l'école. (L'instruction est du reste obligatoire pour tout le monde en Hanovre.)

Salaires maximums pour un âge donné dans la préparation mécanique.

AGE.	ANCIENNETÉ.	SALAIRE PAR SEMAINE.		SALAIRE pour dix heures de travail.
ans.	années.	Ng.	francs.	francs.
10	1re	11,4	1,425	0,285
11	2e	12,0	1,50	0,30
12	3e	12,6	1,575	0,315
13	4e	13,8	1,725	0,345
14	5e	14,4	1,80	0,36
15	6e	15,0	1,875	0,375
16	7e	16 2	2,025	0,405
17	8e	18,0	2,25	0,45
18	9e	19,8	2,475	0,495
19	10e	22,8	2,85	0,57
20	11e	25,2	3,15	0,63
21	12e	1th.,00	3,75	0,75
22	13e	1th., 4Ng,2	4,275	0,855

ouvrières admises se sont retirées d'elles-mêmes ; il n'en est resté que trois ou quatre en activité : ces dernières devront être employées jusqu'à leur mort ou du moins tant qu'elles le désireront, car elles sont inscrites sur les contrôles et ont droit au travail, comme tout membre de la corporation des mineurs.

Heureusement l'invention d'un grand nombre d'appareils ingénieux a singulièrement réduit la main-d'œuvre nécessaire à la préparation mécanique et a permis de rétablir un juste équilibre entre le nombre des jeunes garçons admis et les besoins du service des mines. A la vérité ces inventions nouvelles tendent à diminuer la population totale employée aux mines et vivant de leurs produits. Le gouvernement hanovrien a pris diverses mesures pour remédier à cet inconvénient, notamment en favorisant l'émigration des mineurs en Amérique. Quoi qu'il en soit, la substitution de moyens mécaniques au travail de l'homme a pris dans la préparation mécanique du Harz une grande extension. Non-seulement on a adopté des appareils automatiques et continus qui ne laissent guère à l'ouvrier qu'un travail de chargement et de déchargement ; mais encore on a cherché à diminuer autant que possible même ce dernier travail, en disposant ces appareils en cascade de façon que les matières passent par leur propre poids à travers la suite d'appareils qu'elles doivent parcourir. Tel est le principe qui a présidé à l'installation du quatrième bocard de Zellerfeld, le plus nouvel atelier de l'Oberharz ; telle est aussi la condition fondamentale qu'on s'est imposée dans le projet du nouveau grand bocard actuellement en construction dans la vallée de Clausthal, bocard dont on prétend faire le plus bel atelier de préparation mécanique de l'Univers.

Un grand nombre de bocards sont encore absolument conformes à la description de M. Rivot ; un grand nombre d'autres n'ont changé que de physionomie extérieure par

suite de l'introduction d'appareils nouveaux; quelques-uns (comme le quatrième de Zellerfeld) peuvent paraître modifiés un peu plus profondément; mais il est toujours facile, je le répète, de retrouver sous cette apparente variété, une unité et une constance parfaite de principes et de méthodes. Les principes exposés par M. Rivot forment comme un cadre invariable où viennent prendre place successivement les divers appareils nouvellement imaginés, et, en fait, je puis dire, comme résultat de ma propre expérience, qu'il n'est aucun atelier du Harz dont le travail puisse embarrasser un seul instant, lorsqu'on le visite avec la description de M. Rivot présente à l'esprit.

De tout ce qui précède, il résulte qu'il n'y a pas lieu actuellement de faire un mémoire *ex professo* sur la préparation du Harz. La tâche que j'entreprends est heureusement plus facile et plus en rapport avec mes forces. Je ne veux donner ici qu'un résumé des notes recueillies par moi dans les nombreuses visites que j'ai rendues pendant l'été de 1865 aux bocards de l'Oberharz et notamment à ceux des vallées de Clausthal et de Zellerfeld. Je ne reprendrai aucune des questions traitées par M. Rivot. Je me bornerai à décrire sommairement les nouveaux appareils, à indiquer quelle place ils occupent dans la série des opérations et par quels avantages ils se recommandent. Je décrirai ensuite avec quelque détail deux bocards particuliers, le premier de Clausthal et le quatrième de Zellerfeld : le premier, parce que, bien qu'il possède quelques-uns des nouveaux appareils, on retrouve en lui le type non altéré des anciens bocards; le second, au contraire, parce qu'il offre le type le plus récent, celui qui accuse le mieux les exigences et les tendances actuelles. Je mentionnerai ensuite quelques particularités qui m'ont semblé dignes de remarques dans divers bocards. Enfin je terminerai par quelques renseignements sur le nouveau grand bocard en construction dont j'ai déjà dit un mot tout à l'heure.

Afin que mon travail ne semble pas par trop décousu, je me permets de rappeler que j'ai constamment sous les yeux le mémoire de M. Rivot, et que je ne donne ici que le résumé des annotations faites par l'élève à la description du maître.

Cassage et triage. — Scheidage.

Quelques modifications ont été introduites dans ce travail depuis 1850. Les anciennes dispositions du cassage et du triage présentaient deux grands inconvénients : le premier et le plus grave tenait au mode de payement des ouvriers qui tous travaillaient à la journée ; ils n'avaient aucun intérêt à faire beaucoup de travail ni surtout à faire soigneusement le triage : la surveillance incessante des steiger était loin de compenser l'insouciance des ouvriers. Le second inconvénient résultait de la disposition même du cassage. Les casseurs devaient effectuer la plus grande partie du triage définitif, car deux variétés seulement (scheide-stufferz et bergerz) subissaient un scheidage ultérieur. Or les casseurs travaillant avec un marteau à long manche (Fäustel), ne pouvaient, sans interrompre constamment leur travail, trier les fragments cassés avec assez de soin, ni pousser la division assez loin pour que chaque fragment appartînt à une qualité bien déterminée.

Dès 1850, on essaya un nouveau mode de cassage et triage reposant sur les deux principes suivants : 1° soumettre au scheidage toutes les variétés produites par le cassage et triage ; et 2° intéresser les ouvriers à produire le plus possible des deux variétés les plus avantageuses, stufferz et stérile, et même à produire plus de schurerz que de pocherz, et plus de pocherz que de bergerz. Le travail fut par suite divisé en deux parties.

1° Cassage au marteau à long manche (Fäustel) et triage préliminaire produisant Stufferz, Scheidestufferz, Schurerz, Pocherz, Bergerz et Berg.

2° Cassage au marteau à manche court (Hammer) s'appliquant aux variétés Scheidestufferz, Schurerz, Pocherz et Bergerz du triage préliminaire, et triage définitif, produisant les qualités définitives Stufferz, Schurerz, Pocherz, Bergerz et Berg.

Cette deuxième partie du travail n'est autre chose qu'un scheidage.

Les ouvriers étaient entièrement payés à l'entreprise et le prix variait avec les qualités produites, le stufferz et le berg étant payés à un prix relativement très-élevé, le schurerz étant payé plus que le pocherz et ce dernier plus que le bergerz.

Les conséquences prévues de ce nouveau mode de cassage et triage étaient les suivantes : on s'attendait à voir les frais de main-d'œuvre s'élever notablement ; mais cette plus grande dépense serait compensée, espérait-on, par la production d'une plus forte proportion de stufferz et de berg, les deux variétés qui n'exigent aucun traitement ultérieur, et aussi par une plus grande homogénéité des produits. Les avantages de la nouvelle méthode devaient donc se manifester par une économie sur les frais de la préparation *mécanique*, et par une diminution des pertes en métaux dans les opérations ultérieures : on sait en effet que les pertes en métaux sont d'autant plus élevées que l'on traite avec le minerai une plus forte proportion de gangues. Ainsi, d'une part, augmentation des frais dans le cassage et triage, d'autre part, diminution des dépenses et accroissement du rendement dans la préparation mécanique : tels étaient les éléments à comparer pour juger le nouveau mode de cassage.

L'expérience, en somme, ne lui a pas été favorable. Déjà M. Rivot, auquel j'ai emprunté presque textuellement ce qui précède, croyait pouvoir prédire que la nouvelle méthode ne donnerait probablement pas lieu à des résultats fort avantageux pour la mine de Bergwerkswohlfahrt : cela

résulte de la disposition de la galène, souvent disséminée dans la gangue en mouches très-fines à une grande distance des veines principales, circonstance qui ne permet pas la production d'une grande quantité de berg : l'avantage de la nouvelle méthode pour cette mine devait donc résulter seulement d'une plus grande perfection dans le triage ; or cet avantage ne pouvait être que très-faible, puisque, déjà avant l'introduction du nouveau cassage, le triage était fait avec un soin extrême. Ainsi, d'après M. Rivot, le point capital à considérer dans le nouveau mode de cassage était l'accroissement de la quantité de berg éliminé ; mais pour obtenir ce résultat, il n'était pas nécessaire de modifier aussi radicalement le mode de cassage et triage. Il faut distinguer dans la réforme de 1850 deux idées bien distinctes : intéresser les ouvriers à la bonne et prompte exécution du travail, en remplaçant le payement à la journée par le payement à la tâche, et en second lieu soumettre au scheidage toutes les variétés produites par le premier triage. La première idée est incontestablement avantageuse et doit être appliquée autant que possible, autant que le permet la nécessité où l'on est d'employer au scheidage de vieux mineurs invalides pour lesquels ce travail est une sorte de retraite, et auxquels on ne peut guère donner qu'un salaire fixe. Quant à la deuxième idée : soumettre au scheidage toutes les variétés fournies par le premier triage, elle ne me semble pas parfaitement juste. Il faut avant tout bien se rendre compte de la nature du travail qu'on appelle scheidage, bien voir ce qui caractérise ce travail et le distingue du cassage, pour déterminer le but qu'on doit se proposer dans cette opération. Le cassage ordinaire (au fäustel) a avant tout pour but de réduire les gros morceaux en fragments plus petits qu'on divise ensuite par le triage en plusieurs catégories ; dans le scheidage, au contraire, on ne casse pas pour casser, on casse pour séparer, ce qu'indique le nom même de l'opération (scheiden). Ainsi, qu'on ait un

fragment qui contienne un morceau de galène pure un peu gros, par un coup convenablement frappé on détachera ce morceau du reste du fragment. De même, qu'un morceau présente une distribution du minerai telle que la moitié de ce morceau ne soit que de la gangue stérile, d'un coup de marteau donné sur le point convenable on détachera cette moitié stérile de l'autre moitié qui pourra être du stufferz, ou du schurerz, ou du pocherz, ou même du bergerz. Aussi le scheidage se fait-il au moyen de petits marteaux à manche court (Hammer), avec lesquels on est sûr de frapper en un point déterminé le morceau appuyé sur une enclume. Cela posé, on conçoit que tout morceau qui peut donner, par un coup de marteau bien appliqué, soit du stufferz, soit du berg, sera avantageusement soumis au scheidage; mais on comprend aussi que le scheidage ne se prête bien qu'à la production d'un produit nettement caractérisé, d'un produit massif, minerai massif ou *stérile massif*, si l'on peut s'exprimer ainsi. Quant à scheider du pocherz par exemple, pour en tirer un fragment de schurerz et un fragment de bergerz, cela est souvent possible, mais ne présente jamais aucune netteté, et ne se prête pas par suite à un travail courant et rapide, comme doit l'être le scheidage. En résumé, il y a lieu de préférer l'ancienne méthode et de ne soumettre au scheidage que le scheidestufferz et le bergerz fournis par le premier triage, le premier étant susceptible de donner du stufferz et le second du berg. Je rappellerai que, de tout temps, pour la distinction du scheidestufferz, on n'a pas eu seulement égard à la richesse absolue du morceau, mais encore à la distribution du minerai dans la gangue, considérant comme scheidestufferz tout ce qui peut fournir du massif au scheidage.

L'expérience justifie complétement les considérations qui précèdent : on n'a pas tardé à reconnaître que le scheidage des variétés intermédiaires ne fournissait aucun avantage,

et qu'il valait mieux le supprimer, sauf à encourager, par un salaire un peu plus élevé, la meilleure exécution du premier triage. Ainsi, aujourd'hui comme avant 1850, le scheidage ne porte plus que sur le scheidestufferz et le bergerz. Le premier est scheidé par de vieux mineurs qui travaillent au banc de scheidage. Le second (bergerz) est scheidé pour stérile, mais ne va pas au banc de scheidage ; ce travail, qui se faisait séparément autrefois, se fait aujourd'hui en même temps que le cassage : chaque casseur, outre son marteau à long manche (Fäustel), qui sert au cassage proprement dit, est armé d'un marteau à manche court (Hammer), qui lui sert à détacher des fragments entièrement stériles. En somme, on est revenu à l'ancien mode de cassage ; mais on a fait entièrement disparaître son inconvénient le plus grave, grâce au mode actuel de payement. On a bien vite reconnu qu'il n'y avait aucun intérêt pratique à fixer par trop l'attention des casseurs sur les variétés intermédiaires, en payant par exemple le schurerz plus que le pocherz, et celui-ci plus que le bergerz. Cela même avait l'inconvénient de porter l'ouvrier à considérer chaque morceau comme plus riche qu'il n'était réellement, et par suite la teneur moyenne de chaque catégorie tendait à diminuer. On a reconnu qu'il fallait diriger tout vers un but unique : la production aussi forte que possible de berg, grâce au scheidage qui accompagne aujourd'hui le cassage. On a donc décidé que toutes les variétés de minerai, bergerz, pocherz, schurerz et même stufferz seraient payées au même prix, mais que le berg serait payé davantage. Le tarif est actuellement fixé ainsi qu'il suit :

Produits. . .	Stufferz.	12 pf. par tonne ; $0^{f},80$ par mètre cube.
	Scheidestufferz. .	
	Schurerz.	
	Pocherz.	
	Bergerz.	
	Berg.	20 pf. par tonne ; $1^{f},33$ par mètre cube.

Ce tarif paraît définitivement adopté ; il est en vigueur de-

puis deux ans dans le revier (district) de Clausthal. Les casseurs doivent prendre eux-mêmes les morceaux (wände) à la halde : les ouvriers chargés de séparer les wände du grubenklein et de les distribuer aux casseurs sont supprimés.

Un ouvrier casseur fait d'ordinaire en dix heures :

6 tonnes ($1^{mc}.121$) des diverses variétés de erz;
1/2 à 3/4 tonne ($0^{mc}.093$ à $0^{mc}.140$) de berg;

ce qui lui fait un salaire de 1 franc environ. Les casseurs sont des jeunes garçons de dix-sept à vingt et un ans, destinés, comme tous ceux qui sont employés dans la préparation mécanique, à devenir mineurs.

En comparant la dépense actuelle du cassage à ce qu'elle serait sans l'introduction du nouveau mode de payement, on trouve que la réforme a sensiblement doublé le travail fait pour un prix déterminé. Mais ce n'est pas là le seul avantage obtenu. Grâce au meilleur payement du berg, la proportion du stérile éliminé du premier coup a notablement augmenté; la proportion de gangue traitée a diminué d'autant, et par suite les pertes en métaux se sont atténuées. Autrefois il fallait, pour obtenir 1 rost de schlieg (36 cr. = 1.800 kilog.), 7 à 8 treiben de bergerz; aujourd'hui il n'en faut plus que 5 à 6.

Ainsi la richesse moyenne du bergerz a notablement augmenté, ce qui veut dire qu'on laisse moins de gangue avec lui; mais il conviendrait d'examiner aussi si, en augmentant la proportion de berg, on n'a pas considéré comme stériles des matières dignes d'être traitées, ou en d'autres termes si la teneur moyenne du berg abandonné ne s'est pas sensiblement élevée. A cet égard, on s'en rapporte entièrement à l'appréciation des steiger. Il y a plus de douze ans qu'on n'a fait aucune expérience sur le berg abandonné.

Le scheidage du scheidestufferz est toujours fait à la

journée : c'est le seul mode de payement possible, parce que, comme on l'a vu, ce sont les vieux mineurs invalides qui font ce travail. Leur salaire est resté le même depuis 1850.

Le scheidestufferz fournit de 50 à 75 p. 100 de stufferz bon à fondre.

Le cassage des wände ne se fait plus en plein air, mais dans des bâtiments fermés, comme le scheidage : le travail est par suite aussi actif en hiver qu'en été.

Cylindres broyeurs.

On emploie les cylindres pour le broyage de tous les minerais schurerz (qu'on appelle aussi walzerz) (*), quelle que soit la gangue, et pour les pocherz à gangue non quartzeuse. Les cylindres employés sont toujours les cylindres longs et à petit diamètre décrits par M. Rivot. On sait fort bien que les cylindres courts et à grand diamètre sont de beaucoup préférables, surtout pour les minerais dont les gangues ne sont pas très-dures, et l'on se propose, dans le nouveau grand bocard, d'employer des cylindres à grand diamètre; mais jusqu'ici aucune réforme n'a été faite sur les cylindres en activité. On a seulement remplacé partout la lourde grille à secousses (Rätter) qui servait à séparer les parties non suffisamment broyées par un trommel sec ordinairement formé d'un treillis en fil de fer à mailles carrées. La substitution d'un trommel au rätter diminue un peu la force motrice dépensée : toutefois cette économie est assez insignifiante, car on ne l'évalue qu'à un quart de cheval tout au plus. Le principal avantage du trommel est de faire beaucoup mieux la séparation des grenailles trop grosses et de supprimer les chocs assourdissants du rätter.

(*) Walzwerk = cylindres broyeurs.

Le trommel sec verse les grenailles trop grosses dans les augets d'une roue élévatrice qui les remonte au niveau de la trémie de chargement des cylindres. Les roues élévatrices sont presque toutes identiques à celle que décrit M. Rivot : elles sont portées par des bras placés latéralement et soutenues par une corde passant sur une poulie : cette corde fait disparaître le porte-à-faux, et sert en même temps à mettre la roue en mouvement. Dans le sixième bocard de Clausthal, on rencontre une disposition différente ; la roue élévatrice est sans axe (Pl. XVII, *fig.* 1 et 2). C'est un anneau vertical reposant sur deux galets à axes horizontaux (G, G), et guidé à sa partie supérieure par deux galets à axes verticaux (H). L'un des galets G reçoit un mouvement de rotation du moteur des cylindres au moyen d'un système de roues dentées, et entraîne dans son mouvement la roue élévatrice.

Bocards.

La plupart des batteries de bocards n'ont subi aucune modification et sont encore absolument conformes à l'ancien type ; mais une disposition nouvelle a été adoptée dans deux des ateliers récemment réorganisés, le troisième et le quatrième de Zellerfeld. Voici en quoi elle consiste :

Dans les anciens bocards, le bocardage moyen et le bocardage fin se font avec une sole inclinée, et la grille est placée sur l'un des petits côtés de l'auge, son bord inférieur α affleurant la sole (Pl. XVII, *fig.* 3), ou bien laissant sur la paroi de l'auge entre lui et la sole une certaine hauteur αβ (*fig.* 5) qu'on appelle *Spur*. C'est ce qu'on appelle bocarder par le petit côté avec ou sans spur (*durch die kurze Wand pochen*). Dans les nouvelles batteries des troisième et quatrième ateliers de Zellerfeld, la sole est horizontale pour le bocardage moyen et le bocardage fin, absolument comme pour le bocardage gros (Pl. XVII, *fig.* 6

et 7). La grille occupe toute la longueur de la *Hinterwand*, c'est-à-dire du long côté de derrière (de derrière par rapport au point de chargement) : cette grille est en fil de laiton à mailles carrées comme les anciennes. Son bord inférieur n'affleure jamais la sole : il reste toujours au-dessous de la grille un certain intervalle plein, dont la hauteur (Spurhöhe) est d'autant plus grande qu'on veut broyer plus fin. Il est clair, en effet, que, toutes choses égales d'ailleurs, les matières seront broyées d'autant plus fin, qu'il leur faudra, pour atteindre la grille et sortir de l'auge, s'élever sous l'action du courant d'eau d'une plus grande quantité au-dessus de la sole.

Cette nouvelle disposition constitue le bocardage par la hinterwand (*Pochen durch die Hinterwand*). Elle est plus avantageuse que l'ancienne, en ce qu'elle permet une production beaucoup plus forte par flèche, qu'elle donne un broyage plus uniforme et produit moins de schlamms. D'autre part, elle dépense plus d'eau et les sables et schlamms sont entraînés par suite beaucoup plus loin avant de se déposer. (Ce dernier inconvénient ne se présente pas dans les bocards de Zellerfeld, car la séparation des sables et des schlamms ne s'y fait pas par dépôt dans des canaux, mais d'une tout autre manière qui sera décrite en son lieu.)

Dans le troisième bocard de Zellerfeld la disposition des flèches offre elle-même quelque chose de particulier : elles sont réunies 4 par 4 dans chaque auge et se soulèvent alternativement 2 par 2, la première et la troisième ensemble, puis la deuxième et la quatrième. Dans le quatrième bocard de Zellerfeld, les flèches sont réunies 3 par 3 dans la même auge et se soulèvent l'une après l'autre, comme dans les anciennes batteries.

Trommels (Trommelapparat)

Pendant longtemps on a employé exclusivement, au Harz, pour les classifications par grosseur, les ***Rätter*** ou grilles à secousses. Ces appareils présentent de nombreux et graves inconvénients sur lesquels je ne veux pas revenir après M. Rivot. Je rappellerai seulement que si les trommels ont eu dans le principe une certaine peine à s'introduire au Harz, cela tient à ce que les premiers essais avaient été faits dans de fort mauvaises conditions et n'avaient donné par suite que de fort mauvais résultats. Aujourd'hui l'on est complétement revenu sur les conclusions prématurées qu'on avait tirées d'expériences insuffisantes; on a reconnu que les trommels sont, sous tous les rapports, incomparablement meilleurs que les rätter, et si l'on trouve un grand nombre de rätter fonctionnant encore, cela tient à ce qu'on ne peut, pour des raisons économiques, les faire disparaître que peu à peu. Aucun rätter ne sera admis dans le nouveau grand bocard. Comme je l'ai déjà dit, le rätter annexé à chaque paire de cylindres broyeurs pour séparer les matières non suffisamment broyées est partout remplacé par un trommel sec. C'est surtout pour le lavage (débourbage) et le classement des menus de mine et des menus de cassage que fonctionnent encore les vieux appareils de rätter (Rätterwäsche). C'est en vue de ce même travail qu'on a d'abord imaginé le système de trommels (Waschtrommelapparat) que je vais décrire et qui semble extrêmement recommandable.

Cet appareil (Pl. XVII, *fig.* 11 et 12), tel qu'il a été d'abord installé au quatrième bocard de Lautenthal, se compose d'un gros trommel laveur K, et de quatre trommels classeurs A, B, C et D. La figure 11 ne doit être regardée que comme un croquis grossier destiné seulement à

indiquer la disposition générale de l'appareil : dans un dessin exact, les trommels classeurs devraient être beaucoup plus rapprochés et se recouvriraient même en partie les uns les autres sur l'élévation longitudinale, ainsi qu'on peut le conclure de l'élévation latérale (*fig.* 12).

Le trommel laveur K est un prisme hexagonal : le diamètre du cercle circonscrit est de 40″ (0m,96). L'axe de ce trommel est incliné de $\frac{1}{2}''$ par pied $\left(\frac{1}{24}\right)$ vers une table de klaubage T. La surface du trommel K est formée de quatre rangées de plaques minces de fonte percées de trous. Les trous des trois premières rangées (*a*, *b*, *c*) ont 1″ = 0m,024 de diamètre et règnent sur une longueur de 54″ (1m,30). Les trous de la quatrième rangée (*d*) ont 5/4″ (0m,03) de diamètre et règnent sur une longueur de 18″ (0m.43). Sous le gros trommel K règne une auge inclinée dans le même sens que l'axe : cette auge est divisée par une cloison transversale en deux compartiments de longueur inégale, correspondant chacun à une des deux séries de trous du trommel. La partie de l'auge qui correspond aux trous de 0m,03 communique par un conduit incliné M avec une case où vont se déposer les morceaux qui ont traversé ces trous. La partie de l'auge qui correspond aux trous de 0m,024 communique par un canal incliné avec le premier trommel classeur A. Chacune des parties de l'auge est convenablement inclinée de manière à faciliter la marche des matières.

Les quatre trommels A, B, C, D, ont leurs axes portés par deux madriers inclinés NN. Chacun de ces axes porte une roue d'engrenage. Les quatre roues dentées forment un système unique mis en mouvement par une courroie qui relie l'arbre moteur à une poulie P portée par l'axe du trommel A. Chacun des quatre trommels classeurs a 5′ (1m,44) de long et 18″ (0m,43) de diamètre. Leurs axes sont inclinés de 3/8″ par pied $\left(\frac{1}{32}\right)$ vers des conduits qui mènent

les refus dans les cases E, F, G, H. Les auges qui sont sous les trommels sont inclinées en sens inverse de manière à amener dans chaque trommel ce qui a traversé le précédent ; pour cela chaque auge se termine par un canal courbe et incliné qui verse les matières dans le trommel suivant. Les matières qui ont traversé le dernier trommel D sont emmenées par un canal incliné *t*, *t*.

Les quatre trommels A, B, C, D, ont leur surface formée par une toile métallique à mailles carrés. Les mailles ont pour côté : (A) 5/8″ = 0m,015, (B) 3/8″ = 0m,009, (C) 3/16″ = 0m,0045, (D) 0m,002. Pour éviter que les mailles ne s'obstruent, chaque trommel est arrosé par de l'eau qu'amènent des tuyaux horizontaux alimentés par des réservoirs placés à une certaine hauteur : les toiles métalliques sont constamment lavées par des jets assez énergiques. D'autres tuyaux débouchent à la partie la plus élevée de chaque auge et fournissent de l'eau qui facilite la circulation des matières dans les auges.

Le grand trommel laveur fait 16 à 18 tours par minute ; les autres en font 14 à 16. (Les quatre roues dentées sont égales.) Peut-être y aurait-il avantage à diminuer la vitesse de rotation à mesure que les matières sont plus fines et à faire tourner le dernier trommel (D) moins vite que le premier (A).

Les menus à laver et à classer sont déposés sur un plancher au-dessus des trommels, pour être là chargés à la pelle dans un canal incliné qui les conduit au grand trommel laveur K. Les refus de ce trommel tombent sur la table de klaubage T. La surface de cette table est formée de plaques de fonte percées d'ouvertures carrées de 5/4″ = 0m,03 de côté et constituant de véritables grilles : théoriquement aucun fragment ne devrait traverser la table de klaubage, puisque les morceaux d'un diamètre supérieur à 3 centimètres devraient seuls arriver à cette table. En réalité il n'en est pas ainsi et la grille de la table de klaubage

trouve des erreurs à réparer. Les fragments qui se déposent sous la table de klaubage sont réunis à ceux qui ont traversé les trous de 3 centimètres du trommel K.

Les matières qui traversent le gros trommel laveur dans la partie percée de trous de 2cm,4 sont entraînées par un courant d'eau dans le premier trommel A qui donne un refus et une partie admise par la maille : cette dernière partie tombe dans une auge constamment balayée par un courant d'eau et est entraînée dans le deuxième trommel et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'enfin les parties les plus fines qui traversent les mailles du dernier trommel soient conduites, par le canal *tt*, dans un labyrinthe.

On voit que l'appareil divise les matières en sept classes :

1° Morceaux à trier sur la table de klaubage;

2° Fragments qui traversent les grandes ouvertures du trommel laveur : à ces fragments il faut réunir ceux qui traversent les grilles de la table de klaubage;

3°, 4°, 5° et 6°. Refus des quatre trommels classeurs A, B, C, D;

7° Parties fines entraînées vers le labyrinthe après avoir traversé toutes les mailles.

Deux ouvriers suffisent pour le service de l'appareil : l'un charge le minerai, l'autre veille à ce que les canaux de dégagement ne s'obstruent pas et est chargé en général de tous les soins destinés à assurer la bonne marche de l'appareil. La quantité de matière traitée varie nécessairement avec l'état de cette matière : plus il y a de menu, moins il faut passer de matière à la fois. On peut compter que l'appareil lave et classe convenablement en 10 heures de 2 à 2 1/2 treiben (15 à 18 mètres cubes) de grubenklein. La quantité d'eau dépensée est considérable et atteint environ 850 litres par minute. On peut, sans nuire à la qualité du travail, diminuer beaucoup la dépense d'eau en inclinant davantage les trommels et les auges; en ce cas on augmente

la vitesse de rotation des trommels. C'est ce qu'on a fait dans plusieurs ateliers.

On doit être frappé du faible volume de minerai classé par l'appareil, surtout si on songe que les minerais du Harz ne sont pas argileux, ne sont jamais boueux et n'ont pas besoin d'un débourbage proprement dit. Avec des minerais argileux, le cube de matière traité par l'appareil devrait être encore bien plus petit; mais ici la faible production est la condition première de la bonne exécution du travail.

Au point de vue de cette qualité : bonne exécution du travail, le Waschtrommelapparat est sans contredit un des appareils les plus parfaits qu'on ait jamais imaginés. La disposition de cet appareil prouve que si les ingénieurs du Harz ont mis longtemps à adopter les trommels, cela ne les a pas empêchés d'en faire le plus heureux usage et d'en tirer même un meilleur parti qu'on ne l'avait fait généralement. Il faut remarquer qu'en effet, dans le Waschtrommelapparat, les trommels ne fonctionnent pas suivant la disposition généralement usitée, mais d'une manière tout à fait inverse. D'ordinaire on fait passer la matière à classer d'abord par la partie du trommel qui contient les ouvertures les plus fines, puis successivement par des parties offrant des ouvertures plus grandes. Dans cette disposition, la séparation des plus fines grenailles doit se faire au début, c'est-à-dire quand la masse de matière est le plus considérable : une portion notable des petits grains est inévitablement entraînée par les fragments plus gros dont la proportion relative est très-considérable. Avec la disposition adoptée dans la Waschtrommelapparat au contraire, les matières sont mises d'abord en présence des plus grandes ouvertures, et ce ne sont que les matières qui ont traversé les premières ouvertures qui sont admises à passer sur les secondes. A chaque classement partiel ce sont les plus gros fragments, et non plus les plus petits, qui sont éliminés, et la masse devient de moins en moins considérable à mesure que

la matière à classer est plus fine. Les treillis à mailles fines sont beaucoup moins fatigués que s'ils avaient à supporter le choc des gros fragments : leurs mailles conservent par suite beaucoup mieux leur régularité. Ce sont là évidemment des circonstances très-favorables à l'exactitude du classement. Le Waschtrommelapparat donne en effet d'excellents résultats et a exercé, par la perfection avec laquelle il classe les grenailles, la plus heureuse influence sur le travail des cribles.

Nous avons retrouvé cet appareil avec quelques modifications de détail dans les ateliers de Bergmannstrost près Clausthal et de Bergwerkswohlfahrt. Un système analogue composé de 4 ou 5 trommels disposés comme les trommels A, B, C et D, et ne différant du précédent que par l'absence du gros trommel laveur K, sert à classer les matières broyées par les cylindres dans un certain nombre d'ateliers, notamment dans le premier bocard de Clausthal qui sera ci-après l'objet d'une description spéciale. Le trommelapparat de ce dernier atelier se compose de 5 trommels dont le dernier a des mailles de 1 millimètre seulement : cet appareil ne laisse donc aller à la laverie que des grains d'un diamètre inférieur à 1 millimètre et réserve au travail de criblage des matières qui autrefois ne pouvaient être traitées que sur les appareils de lavage.

Tables de klaubage.

Les plus gros morceaux séparés par l'appareil classeur du grubenklein (Rätterwäsche ou Waschtrommelapparat) sont soumis à un triage à la main ou klaubage fait par de jeunes garçons de 12 à 14 ans (*). Les anciennes tables de

(*) Le klaubage produit les mêmes variétés que le triage qui accompagne le cassage des wände.

klaubage, encore fort nombreuses aujourd'hui, sont rectangulaires ; leur surface est formée de plaques de fonte percées d'ouvertures carrées de 0m.025 ou de 0m.03 de côté, de sorte que les morceaux plus petits que cette dimension traversent et se séparent des fragments plus gros qui restent seuls sur la table de klaubage. Chaque klaubeur doit attirer le minerai devant lui à l'aide d'un rateau à long manche : cette manœuvre, quoique fort simple, cause une perte de temps considérable. Pour faire disparaître cet inconvénient, on a imaginé de faire arriver le minerai à chaque klaubeur par une disposition mécanique (Pl. XVIII, *fig.* 1) : des caisses *c*, formant une couronne tournante dont la rotation est continue, se remplissent de minerai en passant sous le conduit qui amène les fragments envoyés au klaubage par l'appareil de classification (trommel A), et passent successivement devant chaque klaubeur. La table de klaubage est fixe; elle est circulaire et sa surface est formée de plaques de fonte percées d'ouvertures identiques à celles des anciennes tables de klaubage. Quand un klaubeur a épuisé sa provision, il fait tomber devant lui le contenu de la caisse qui passe en ce moment. Pour cela, il n'a qu'à étendre la main et à faire basculer cette caisse autour de l'axe horizontal *a*. Tous les klaubeurs sont dans les mêmes conditions de travail. Nous avons trouvé cette disposition de la table de klaubage à l'atelier de Bergwerkswohlfahrt et au quatrième bocard de Lautenthal. Elle semble fort recommandable. Il n'en est pas de même de la disposition plus récemment adoptée au bocard de Hülfe Gottes où toute la table tourne : les fragments tombent directement sur la table, et par suite du mouvement de celle-ci viennent successivement passer devant les klaubeurs. La rotation de la table donne le vertige aux klaubeurs et nuit sensiblement par là à la bonne exécution du travail. De plus les divers ouvriers ne sont pas dans les mêmes conditions : les premiers prélèvent d'abord sur la

change nouvelle les morceaux les plus riches, les suivants prennent de même le meilleur parmi ce qui reste, et ainsi de suite, de sorte que les morceaux les plus pauvres ne sont pris par personne et recommencent un nouveau tour.

Les diverses tables de klaubage que je viens de décrire ont un inconvénient commun : c'est que les caisses dans lesquelles les gamins jettent les morceaux triés doivent être placées presque entièrement derrière eux, ce qui les force à se retourner pour jeter chaque morceau dans la caisse convenable. Cet inconvénient disparaît dans la disposition qui sera adoptée pour le klaubage dans le nouveau grand bocard. Je décrirai plus loin cette disposition.

Cribles à secousses.

Je parlerai tout à l'heure des cribles continus qui se répandent de plus en plus dans les ateliers du Harz ; mais je dirai d'abord quelques mots des cribles discontinus qui sont encore aujourd'hui très-nombreux et seront d'ailleurs, selon toute apparence, conservés définitivement pour les plus grosses grenailles.

Des trois types de cribles décrits par M. Rivot, un seul a été conservé : c'est le crible à piston latéral. Les cribles à piston inférieur ont d'abord donné de très-bons résultats quand ils étaient tout à fait neufs et encore choyés comme le sont toujours les nouveaux appareils. Mais en service courant ils se sont montrés très-mauvais. Les matières qui traversent le tamis fixe détérioraient très-rapidement le piston : l'avantage fondamental du piston inférieur, c'est-à-dire la parfaite égalité d'action sur tous les points du tamis fixe, disparaissait bien vite et la marche de l'appareil devenait en quelques jours très-défectueuse. Il fallait changer le piston tous les huit jours ; de là des interruptions continuelles de travail et des dépenses très-considérables. En somme, les cribles à piston inférieur sont aujourd'hui

considérés comme bien moins avantageux que les anciens cribles à cuve depuis longtemps abandonnés. Depuis 6 à 7 ans, on ne trouve plus un seul crible à piston inférieur dans tout le Harz : ils ont tous été transformés en cribles à tamis mobile (Pl. XVII, *fig.* 8) : il a suffi pour cela de fixer le cadre qui soutient le tamis *aa* aux deux branches de l'étrier qui supportait le piston. Aussi trouve-t-on actuellement un grand nombre de ces cribles transformés. Ils sont bien supérieurs aux anciens cribles à cuve, mais inférieurs aux cribles à piston latéral, qui se montrent toujours préférables. Aussi les cribles à piston latéral tendent-ils à remplacer les cribles à tamis mobile provenant de la transformation des anciens cribles à piston inférieur et sont-ils déjà un peu plus nombreux que ces derniers.

Crible continu pour les grenailles.

(Continuirliche Graupensetzmaschine.)

On a construit au Harz plusieurs types de cribles continus pour le traitement des grenailles. Je ne décrirai que le plus simple, qui est représenté Pl. XIII, *fig.* 1, 2 et 3. C'est du reste le seul modèle de crible continu que j'ai vu fonctionner : c'est celui qui paraît destiné à être adopté définitivement, et qui, en particulier, sera employé dans le nouveau grand bocard (*).

Les figures ci-jointes me permettent de décrire très-brièvement cet appareil. C'est un crible ordinaire à piston latéral, avec une petite ouverture circulaire au centre du tamis. Le tamis n'est pas plan : il est légèrement incliné de toutes parts vers l'ouverture centrale. Dans cette ouverture passe un

(*) Je ne parle ici que des cribles destinés aux grenailles proprement dites : je parlerai plus loin de l'aftersetzmaschine, crible continu destiné au travail des sables, dont la construction d'ailleurs est tout à fait semblable à celle de la graupensetzmaschine.

tube αα qui s'élève d'une petite quantité au-dessus du tamis. Un manchon cylindrique ββ de même axe que ce tube, est soutenu au centre du crible par une barre transversale en fer AA : l'arête inférieure de ce manchon s'arrête à une petite distance au-dessus du tamis, mais descend un peu au-dessous du niveau de l'ouverture supérieure du tube αα. Ce dernier tube débouche inférieurement dans un autre tube de plus gros calibre BB.

On voit maintenant comment fonctionne l'appareil. Les grenailles les plus riches tendent à s'accumuler au fond sur le tamis. Celles qui sont comprises sous la circonférence du manchon β ne peuvent s'élever à un niveau supérieur à l'orifice α : elles sont entraînées successivement par le courant d'eau dans le tube αα, puis dans le tube B et enfin dans le réservoir où elles doivent venir s'accumuler. Les matières qui sortent ainsi par le tube αα ont dû passer dans l'intervalle compris entre l'arête inférieure du manchon β et le tamis : cet intervalle est peu supérieur au diamètre des grenailles traitées. Les matières qui sortent du crible par l'ouverture α sont ainsi empruntées constamment à la tranche la plus riche. La couche de grenailles riches s'élève bientôt au-dessus de l'arête inférieure du manchon β, en sorte que les grenailles nouvelles qui arrivent sur le crible ne pourront sortir par le tube α qu'après que l'action du crible les aura amenées à faire partie de la tranche la plus inférieure. L'alimentation est continue: elle se fait par une trémie T que le chargeur maintient toujours pleine. Les grenailles neuves arrivent par un des côtés : le côté opposé présente un déversoir D par lequel s'en vont les grenailles qui ont persisté à faire partie des tranches supérieures, c'est-à-dire les plus pauvres. Le crible continu pour grenailles est ordinairement double : la partie pauvre rejetée par dessus le déversoir latéral D du premier crible tombe dans un deuxième crible disposé identiquement de même. Les grenailles les plus riches sortent

par un tube central; la partie la plus pauvre sort du deuxième crible comme du premier par un déversoir latéral E. Rien naturellement n'empêche de placer plus de deux cribles à la suite l'un de l'autre, mais pour le traitement des grenailles proprement dites l'appareil ne se compose ordinairement que de deux cribles. C'est ce système de deux cribles qu'on désigne par le nom de continuirliche Graupensetzmaschine. On fait avec cet appareil trois catégories: par exemple, stufferz sortant par le tube central du premier crible, schurerz sortant par le tube central du second, et pocherz sortant par le déversoir latéral du deuxième crible. Avec une autre qualité de grenailles on obtiendrait schurerz, pocherz et bergerz. Les dimensions des mailles du tamis, la distance du tamis à l'arête inférieure du manchon β, l'amplitude et le nombre des secousses varient naturellement avec les matières traitées : je ne donne ici aucun élément numérique, parce que je n'ai voulu faire qu'une description générale. Dans la description spéciale du premier bocard de Clausthal, on trouvera quelques données numériques sur le double crible continu à grenailles que possède cet atelier.

Un double crible continu tel que celui que je viens de décrire remplace quatre cribles à tamis mobile, provenant de la transformation des cribles à piston inférieur, ou quatre cribles à piston latéral. Il y a économie de moitié sur la main-d'œuvre, le service d'un double crible continu n'exigeant que deux ouvriers (un de 18 ans et un de 12), ce qui est justement le personnel nécessaire à deux cribles discontinus. Les frais d'entretien du crible continu sont insignifiants : celui du dixième bocard de Clausthal est en activité depuis cinq ans et n'a exigé que deux petites réparations du tamis et des tuyaux. Un double crible continu à grenailles coûte 80 thalers (300 francs); un crible ordinaire à tamis mobile ou à piston latéral coûte environ 50 thalers (187f,5) : les frais de premier établissement sont donc ré-

duites par le crible continu de 200 à 80 thalers (2 $^1/_2$ à 1). Toutefois le crible continu ne paraît pas destiné à évincer complétement les cribles ordinaires, surtout le crible à tamis fixe et à piston latéral. Le crible continu donne d'excellents résultats pour les grenailles un peu fines; mais se montre moins parfait dès que les grenailles atteignent 10 millimètres. Aussi pour les grenailles supérieures à cette dimension paraît-on disposé à conserver définitivement le crible à piston latéral, qui, comme je l'ai déjà dit, est adopté dans le projet du nouveau grand bocard.

Setzherd.

Le *Setzherd* est un appareil imaginé par M. von Rittinger, autrefois Bergrath et directeur de la préparation mécanique à Przibram, aujourd'hui Sectionsrath à Vienne, pour remplacer le travail ordinaire des cribles par un travail continu. Cet appareil a donc le même but que la graupensetzmaschine dont je viens de parler.

On a construit, à titre d'essai, un setzherd dans le dixième bocard de Clausthal. C'est ce setzherd qui est représenté Pl. XIII, *fig.* 4 à 9 (Voir aussi les *fig.* 9 et 10, Pl. XVII).

Deux caisses rectangulaires en bois sont accolées l'une à l'autre et communiquent par la partie inférieure, comme dans un crible à piston latéral (Pl. XVII, *fig.* 10). L'une des deux contient un piston P dont la tige est mise en mouvement par un excentrique monté sur un arbre horizontal. Sur l'autre caisse est placée une sorte de table GH dont le pourtour est formé par un très-fort cadre en bois et dont la surface ou le fond est constitué par une feuille de tôle percée de trous de 2 millimètres de diamètre. Cette table est montée à peu près comme une table à secousses (Pl. XIII, *fig.* 4): elle est suspendue par quatre chaînes verticales *ab* à deux poutres horizontales. A l'une des extrémités H du cadre se trouve fixée une forte planche KIH

qui à son autre extrémité K est clouée sur une poutre horizontale : cette planche fait ressort et tend à faire avancer la table dans le sens de la flèche *f* : ce mouvement est arrêté par une tige horizontale BI qui est fixée en I à la planche-ressort KI et articulée en B sur l'une des branches d'un levier coudé BCD, dont l'autre branche CD se termine par un bec recourbé D reposant sur une came E portée par l'arbre horizontal qui sert déjà à faire mouvoir le piston. Quand cet arbre tourne, à un certain moment le bec D tombe brusquement de *m* en *n* : à ce moment la planche produit son effet de ressort et la table reçoit une très-vive secousse en venant heurter le madrier fixe N. Cet effet se reproduit à chaque tour, par conséquent à chaque coup de piston. Cela posé, supposons que les deux caisses communiquantes soient pleines d'eau et qu'une couche de grenailles recouvre la table : si l'on met l'appareil en mouvement, le piston refoulant l'eau en descendant fera agir cette eau sur les grenailles, à travers les trous de la table en tôle, comme dans un crible ordinaire ; en même temps cette table recevra à chaque coup de piston une secousse qui tendra à faire avancer les matières de gauche à droite. Si donc on alimente d'une manière continue par la gauche, les grenailles se classeront en couches stratifiées suivant leur richesse, en même temps qu'elles avanceront vers la droite : quand elles arriveront à l'extrémité de la portion de table au-dessous de laquelle se trouve la caisse pleine d'eau, elles seront classées comme les matières le sont sur le tamis d'un crible après qu'on a donné le nombre de secousses ou de coups de piston convenable. Reste donc à enlever les matières par couches horizontales. Pour cela on a disposé deux plaques horizontales en tôle parallèles à la feuille de tôle qui forme la surface de la table. (Pl. XVII, *fig.* 9, et Pl. XIII, *fig.* 7, 8 et 9.) Ces deux plaques sont très-voisines l'une de l'autre et la première est très-voisine de la table. Les matières en arrivant à cet appareil diviseur (M) se séparent

en trois parties. Ce qui passe entre la table et la première plaque est la portion la plus riche; vient ensuite ce qui passe entre la première et la deuxième plaque, puis enfin ce qui passe par dessus la deuxième plaque. Chacun des trois intervalles formés par l'appareil diviseur communique avec un canal qui emmène les matières dans un réservoir spécial. Avec un plus grand nombre de plaques, on pourrait, si l'on voulait, diviser les matières en un plus grand nombre de catégories. L'amplitude des oscillations du piston est telle que, l'appareil étant plein d'eau, cette eau s'élève à chaque coup de piston un peu plus haut que la couche de grenailles. Cette couche de grenailles a une épaisseur de 2 à 3 pouces. La distance des plaques de l'appareil séparateur se règle naturellement d'après la grosseur et la qualité des grenailles traitées. On traite ordinairement au setzherd les plus gros numéros de grenailles.

L'alimentation est automatique : on charge les matières dans une trémie A suspendue à un axe F autour duquel elle peut osciller. Cette trémie porte une tige horizontale articulée en B' sur une branche du levier coudé B'C'D', dont l'autre branche repose par la partie recourbée qui la termine sur une came semblable à la came E et portée par le même arbre. A chaque tour de l'arbre, la trémie d'alimentation, maintenue pleine par le chargeur, reçoit une secousse et laisse tomber une certaine quantité de grenailles sur la table en tôle percée de trous.

L'arbre qui porte les deux cames et l'excentrique du piston est mis en mouvement par une courroie passant sur la poulie α. C'est l'arbre moteur des flèches du bocard qui par l'intermédiaire d'une transmission convenable communique le mouvement au setzherd.

Le setzherd du dixième bocard de Clausthal est le seul qu'on trouve au Harz : cet appareil ne s'est point répandu. Il est loin en effet d'avoir donné des résultats satisfaisants. On l'a trouvé au Harz très-inférieur sous tous les rapports

au crible continu (graupensetzmaschine) qui a été imaginé en vue du même travail. Le setzherd ne peut pas, comme la graupensetzmaschine, donner du premier coup du stufferz en traitant du pocherz ; il faut faire repasser la partie la plus riche à l'appareil pour avoir du stufferz. Un setzherd coûte 800 thalers (3,000 francs) et ne fait pas plus de besogne qu'une graupensetzmaschine qui n'en coûte que 80. Enfin le setzherd dépense beaucoup en réparations, au lieu que l'entretien de la graupensetzmaschine ne coûte presque rien. La consommation d'eau est la même aux deux appareils. La force motrice nécessaire au setzherd est d'environ 1 1/2 à 2 chevaux : quand on le met en mouvement il faut arrêter trois flèches de bocard; or une flèche de bocard exige environ 2/3 de cheval. Pour une double setzmaschine, il ne faut certainement pas 1 cheval : le setzherd dépense donc plus de force motrice.

Des expériences ont été faites pour comparer le setzherd à la graupensetzmaschine continue qui se trouve dans le même atelier. Je citerai les résultats fournis par l'une de ces expériences.

On a traité à chacun des deux appareils 127 centner de grenailles de 3/8 à 3/16 de pouce. Le travail a duré au setzherd 6 heures en tout, savoir : 5 heures pour la première partie du travail (Roharbeit), et 1 heure pour le second traitement (Reinarbeit) de la partie riche fournie par la Roharbeit. Je rappelle qu'on n'obtient pas de stufferz du premier coup, et qu'il faut nécessairement retraiter la partie riche. A la graupensetzmaschine le travail a duré en tout 6 heures et demie, savoir : 5 heures pour le traitement direct des grenailles données dont on a extrait de suite une certaine quantité de stufferz et 1 heure et demie pour le recriblage du schurerz obtenu qui a ainsi encore fourni une certaine quantité de stufferz.

Les produits définitifs ont été les suivants :

	SETZHERD.			GRAUPENSETZMASCHINE.		
	Gr.	Plomb p. 100.	Argent aux 100k. gr.	Gr.	Plomb p. 100.	Argent aux 100k. gr.
Stufferz. . .	16,28	37,75	72,5	26,69	56,5	70,0
Schurerz. . .	40,36	30,75	37,5	20,57	30,5	37,5
Poocherz. . .	54,54	8,00	19,75	17,03	10,0	13,75

On voit que le classement est bien plus parfait avec la graupensetzmaschine qui donne beaucoup plus des deux variétés extrêmes et beaucoup moins de la variété intermédiaire.

D'autres essais faits sur des grenailles de plus petites dimensions ont été bien plus concluants encore. La setzmaschine l'a emporté de beaucoup non-seulement pour la perfection mais encore pour la rapidité du travail. Ceci n'a rien de surprenant, car on sait que la setzmaschine continue est surtout avantageuse pour les fines grenailles; c'était donc là surtout qu'elle devait triompher. Aujourd'hui le Setzherd du dixième bocard de Clausthal ne traite ordinairement que des grenailles assez grosses (au-dessus de 3/16″), les mêmes qu'on traite dans presque tous les ateliers, et, en partie, dans le dixième bocard lui même, sur les cribles ordinaires à tamis mobile ou à piston latéral.

L'insuccès du setzherd au Harz tient moins à l'appareil lui-même, qu'à la manière dont on l'a employé. A Przibram on trouve un grand nombre de setzherds qui font un service excellent et marchent avec une douceur remarquable. Le setzherd de Clausthal au contraire fait un tapage infernal. Pour cet appareil, comme pour beaucoup d'autres, les constructeurs du Harz ont trop prodigué la matière première : l'appareil est beaucoup trop lourd, les secousses qu'il reçoit sont beaucoup trop violentes : ces secousses bruyantes ne servent qu'à consommer de la force et à détériorer l'appareil et ses fondations. On peut dire, en prin-

cipe, qu'une machine qui fait beaucoup de bruit est une mauvaise machine : à ce point de vue le setzherd de Clausthal est une des plus mauvaises machines que j'aie jamais vues. Mais, je le répète, c'est au constructeur seul qu'il faut s'en prendre. Le setzherd de Clausthal coûte 800 thalers (3.000 francs). Un setzherd de mêmes dimensions à Przibram, où le bois et la main-d'œuvre sont plus chers qu'à Clausthal, coûte 450 florins (1.125 francs) ; cette différence de prix provient surtout de la différence de masse et peut servir de mesure à cette dernière. Les secousses sont aussi à Przibram beaucoup moins saccadées. Aussi, l'entretien des setzherds n'y monte-t-il pas à un taux exorbitant, au lieu que le setzherd de Clausthal a dépensé, en quelques années, pour frais d'entretien, plus que ne coûte de premier établissement un double crible continu capable de faire le même service.

Séparation des sables et des schlamms.

La plupart des ateliers n'ont encore, pour effectuer cette séparation, que les systèmes de canaux décrits par M. Rivot sous les noms de schossgerenne, unterschossgerenne et labyrinthe. On trouve dans quelques ateliers des dispositions spéciales dont je vais dire un mot.

Dans un très-petit nombre de laveries, les labyrinthes servant au classement des schlamms qui doivent être lavés sur les tables dormantes, ont été remplacés par des Spitzkästen de Rittinger. Le Spitzkastenapparat est décrit par M. Rivot, d'après le mémoire de l'inventeur. Un appareil de spitzkästen avait déjà été établi au Harz à l'époque où M. Rivot écrivait son mémoire, et soumis à une longue expérimentation dont M. Rivot constate les résultats favorables. Plusieurs appareils de spitzkästen, entièrement conformes aux données de l'inventeur et par conséquent à la descrip-

tion de M. Rivot, ont été construits depuis. Nous en avons vu notamment au troisième bocard de Zellerfeld, à Bockswiese (atelier situé à mi-distance entre Clausthal et Lautenthal) et à Grund (deuxième atelier de Hülfe Gottes). Les résultats fournis par les spitzkästen au travail courant n'ont pas démenti ceux de l'expérimentation préliminaire de 1850, et ont été en somme très-satisfaisants. Cependant les spitzkästen ne se sont pas beaucoup répandus : cela tient à la grande hauteur de l'appareil qui exige que l'atelier soit formé de parties ayant une différence de niveau très-grande. Quand le terrain ne permet pas de disposer ainsi les diverses parties de l'atelier en gradins, il faut remonter les matières en suspension dans l'eau au niveau supérieur des spitzkästen à l'aide de roues élévatrices, de pompes, etc. On se trouve ainsi en présence de difficultés qui ont empêché les spitzkästen de se répandre davantage. On conserve ceux qui sont établis, mais je ne crois pas que, pour le moment, on soit disposé à en établir d'autres.

On a, dans ces derniers temps, fait un grand usage des *Trichter* (entonnoirs à section carrée, ordinairement en zinc) pour le classement des sables et des schlamms. Les trichter ne sont autre chose que de petits spitzkästen de 2 pieds au plus de hauteur. On les emploie isolés ou réunis en trichterapparat. Les trichter isolés sont d'ordinaire très-petits et ont moins de 1 pied de hauteur. Leur mode d'action est très-facile à comprendre. Considérons, par exemple, les matières sortant de l'auge d'un bocard : le courant boueux arrive dans un entonnoir carré ou trichter (Pl. XVIII, *fig.* 2 et 3), dont l'ouverture inférieure *a* ne peut suffire à débiter tout le volume liquide qui arrive dans le trichter. Les grains les plus gros et les plus riches sortent seuls par *a*; ils forment le *durchfall* du trichter. Les matières plus fines et plus pauvres sortent par-dessus le bord *d* : elles constituent l'*übergang*. Chacune des deux catégories est conduite par un canal spécial à l'appareil qui doit la traiter. Par exemple, les

sables qui sont sortis par l'ouverture inférieure *a* (durchfall) iront à un crible fin continu (aftersetzmaschine) ; les matières qui ont passé par-dessus le bord *d* (übergang) et qui sont formées d'un mélange de sables fins et de schlamms, iront passer sur un nouvel appareil de classification qui enverra les sables fins sur des tables à secousses, et les schlamms sur des tables dormantes. On verra plusieurs exemples de l'emploi des trichters dans la description du quatrième bocard de Zellerfeld.

On trouvera également, dans la description de ce bocard, un exemple de trichterapparat. C'est un petit spitzkastenapparat. Il se compose d'une suite de trichters de 2' de profondeur, dont chacun reçoit les matières qui passent par-dessus les bords du précédent (Pl. XVIII, *fig.* 5). Le courant boueux arrive en A dans le premier trichter : les parties les plus grosses et les plus riches sortent par l'ouverture *a*, les parties plus légères passent dans le deuxième trichter où elles subissent une nouvelle division et ainsi de suite. Pour rendre le classement plus parfait, on peut à l'aide d'un tuyau *bb* (Pl. XVIII, *fig.* 6), faire arriver de l'eau pure sous une charge convenable jusqu'au fond du trichter : suivant les proportions relatives de l'eau trouble qui arrive dans le trichter par le bord supérieur, de l'eau qui sort par l'ouverture inférieure, et de celle qui est amenée par le tube *bb*, on peut avoir dans le trichter soit de l'eau stagnante, soit un faible mouvement ascendant, soit un faible mouvement descendant : on a donc sous la main tous les moyens désirables d'assurer un bon classement. Je reviendrai, dans la description du quatrième bocard de Zellerfeld, sur le trichterapparat.

Je dois aussi mentionner ici le *Spitzgerinne* : c'est un canal à section triangulaire avec des trous à l'arête inférieure. Dans ce canal arrive le courant sortant du bocard : les sables gros et riches sortent par les premiers trous, les parties fines par les derniers. Cet appareil extrêmement

simple donne d'excellents résultats. On en trouve un exemple dans le premier bocard de Clausthal.

La *fig.* 8, Pl. XVIII, indique la disposition du spitzgerenne de ce bocard (*). Le courant qui apporte le mélange de sables et schlamms arrive par le canal A : ce courant, en arrivant au spitzgerenne, tombe d'une hauteur d'un demi-mètre environ, en sorte que les matières légères sont sûrement entraînées par suite de l'agitation et de la grande vitesse de l'eau. Les sables un peu gros et riches peuvent seuls sortir par les deux premiers trous *a* et *a'* : ils se rendent par là dans les deux canaux BC, B'C' ; les têtes (B,B') de ces deux canaux forment les schossgerenne : c'est là que se déposent les sables les plus gros et les plus riches ; dans les parties C et C', qui forment les unterschossgerenne se déposent des sables plus fins et plus imparfaitement débourbés. Celles des matières ayant traversé les trous *a* et *a'* qui ne se déposent ni dans les schossgerenne ni dans les untergerenne, vont au labyrinthe et y rejoignent les matières qui n'ont pu passer par les trous *a* et *a'* et sortent du spitzgerenne par les derniers trous *b* et *b'*.

Le spitzgerenne permet d'obtenir dans le schossgerenne, des sables beaucoup mieux débourbés. Mais il exige, pour être réellement efficace, une certaine différence de niveau entre le bocard et la laverie. Cette condition n'étant pas à beaucoup près remplie partout, le spitzgerenne s'est peu répandu.

(*) *Dimensions principales* :

Longueur totale *aa'*. . . . . 26'	Distance des deux premières ouvertures *aa'*. . . . . . . 5'
Largeur. . . . . . αβ. . . . . 12"	Largeur des schossgerenne. . . . . . . γδ. . . . . 18"
Côté de la section triangulaire. . . . . βε. . . . 8 1/2"	

Crible continu pour le travail des sables.

(Continuirliche Aftersetzmaschine.)

Il faut d'abord dire un mot sur l'origine du nom de cet appareil. Il avait été inventé pour traiter les sables pauvres (After) mis en réserve pour le travail d'hiver : de là son nom d'Aftersetzmaschine. On n'a pas tardé à en faire un emploi beaucoup plus large ; mais on lui a toujours conservé son nom primitif. Il serait plus exact aujourd'hui de l'appeler, comme je le fais dans la traduction du nom allemand, crible continu pour le travail des sables, car aujourd'hui il est employé pour les sables riches tout aussi bien que pour les sables pauvres et son principal rôle est même de traiter les sables les plus riches provenant du bocardage et recueillis dans le premier compartiment des bassins de dépôt, c'est-à-dire dans le schossgerenne. Ces sables sont formés de grains de 2 millimètres au plus de diamètre, mais dont la dimension moyenne est d'à peu près 1 millimètre. Comme on peut le voir dans le mémoire de M. Rivot, ces sables étaient autrefois traités exclusivement aux caissons (Schlämmgräben). Ce travail aux caissons donnait au point de vue des produits des résultats en général satisfaisants ; mais il avait le grave inconvénient d'exiger beaucoup de main-d'œuvre et de laisser une trop grande influence au plus ou moins de bonne volonté et de soin des ouvriers.

En 1862, on a commencé à substituer au travail des caissons celui de la continuirliche Aftersetzmaschine. Les résultats obtenus ont été excellents, de telle sorte qu'aujourd'hui il n'est presque plus un seul atelier qui n'ait son aftersetzmaschine en tête de la laverie.

Les *fig.* 2, 3 et 4 de la Pl. XVI représentent cet appareil. Les sables à traiter sont chargés à la pelle dans une trémie *a*; de là ils sont entraînés par un courant d'eau sur

un tamis rectangulaire *b* formé d'une toile métallique en fil de fer qui retient seulement les impuretés de tout genre : paille, débris de balais, etc. Les matières qui traversent cette toile métallique *b*, tombent sur le tamis proprement dit *c* du crible. Sur ce tamis *c*, on a placé d'avance une couche de grains de stufferz ayant 3 à 4 millimètres de diamètre. Cette couche forme pour ainsi dire un filtre qui empêche les sables neufs de traverser immédiatement le tamis *c* (*) et les force à subir d'abord l'action enrichissante du crible, de telle sorte qu'il n'y a que du schlieg très-enrichi qui puisse traverser le tamis *c*. Ce schlieg très-enrichi tombe dans un entonnoir en zinc *e* et de là dans un réservoir *e'*. Ce schlieg est plus ou moins riche, suivant la richesse des sables traités et la nature des gangues principales. Nous verrons, par exemple, qu'au premier bocard de Clausthal, ce schlieg tient ordinairement 75 p. 100 de plomb, et que sa teneur peut même s'élever à 80 p. 100. Dans d'autres ateliers, le schlieg qui traverse le tamis de l'aftersetzmaschine est moins riche et doit être soumis à un nouveau travail avant d'être livré à l'usine : ce travail de finissage (Reinarbeit) se fait soit sur des tables à secousses, soit au caisson (Schlämmgraben). Ce dernier cas est celui de l'atelier de Bergwerkswohlfahrt; nous reviendrons sur ce sujet.

Les grenailles riches qui s'accumulent sur le tamis de l'aftersetzmaschine, mais ne peuvent la traverser, sont enlevées par un tuyau cylindrique *f* dont on peut élever plus ou moins l'orifice au-dessus du tamis *c*. L'ouverture de ce tuyau est défendue par un manchon cylindrique *g*, soutenu par sa partie supérieure au moyen d'une barre transversale, et dont l'arête inférieure est un peu au-dessous du niveau de l'ouverture de *f*. Les grains qui sortent par *f* ont dû nécessairement passer sous le manchon *g*, ce qui exige

(*) L'écartement des fils qui constituent ce tamis est ordinairement de 1 millimètre.

qu'ils appartiennent à la partie la plus riche des matières. Les grains qui sortent par *f* sont conduits par un tuyau de zinc *h* dans un réservoir *i*; ces grains forment un produit bon à fondre dont la teneur est de 60 à 70 p. 100 de plomb au premier bocard de Clausthal, mais peut être beaucoup moindre quand la galène est plus disséminée dans la gangue ou quand celle-ci se compose surtout de baryte sulfatée. Le tamis *c* n'est pas plan; il a une légère inclinaison de tous les points du pourtour vers le point où se trouve le tuyau *f*. Le mouvement de l'eau sous le crible est produit par un piston *k*. A la suite de l'aftersetzmaschine se trouve un long abfallgerenne *m*, qui va déboucher sur la tête d'un plannenherd, ou plus ordinairement dans la caisse de débourbage (durchlass), qui fait partie du système appelé *planherd*. Cet abfallgerenne *m* reçoit les matières pauvres qui sortent de l'aftersetzmaschine, sans avoir pu traverser le tamis ou atteindre l'orifice *f*, et qui sont rejetées hors de l'appareil par l'ouverture latérale *p* faisant déversoir. Ces matières constituent ce qu'on appelle l'*übergang* de l'aftersetzmaschine. (Le schlieg qui traverse le tamis *c* en est le *durchfall*.) Sur les gradins *n* de l'abfallgerenne se déposent des sables qui peuvent être retraités à l'aftersetzmaschine, ou bien, s'ils sont déjà trop appauvris, être soumis à un bocardage plus fin. Quant aux matières qui arrivent sur la tête et les toiles du plannenherd ou dans le durchlass du planherd, je renvoie, pour la suite de leur traitement, au mémoire de M. Rivot et à la description que je donnerai ci-après du premier bocard de Clausthal.

L'amplitude des secousses du piston est ordinairement de 1/2''; le nombre de ces secousses est de 130 à 140 par minute.

L'emploi de l'aftersetzmaschine permet de supprimer entièrement les caissons. Jusqu'ici cependant la plupart des ateliers emploient encore des caissons concurremment avec l'aftersetzmaschine. Mais il est facile de prévoir que

les caissons ne tarderont pas à disparaître complétement. Aucun caisson ne figure dans les projets du nouveau grand bocard. La substitution de l'aftersetzmaschine aux caissons doit être regardée comme un des perfectionnements les plus heureux apportés dans ces dernières années à la préparation mécanique du Harz. L'aftersetzmaschine se recommande surtout par l'économie de main-d'œuvre qu'elle procure : une aftersetzmaschine n'occupe qu'un chargeur, gamin de treize à quatorze ans. Elle remplace au moins trois caissons. Dans tous les ateliers qui possédaient autrefois, suivant l'ancienne consistance des bocards ordinaires, six caissons, on en a supprimé trois ou quatre après avoir établi une aftersetzmaschine, et encore le travail aux deux ou trois caissons restants ne paraît-il pas bien actif.

A l'atelier de Bergwerkswohlfahrt l'aftersetzmaschine a complétement supprimé les caissons ; à la vérité, on en emploie encore dans cet atelier, mais ils font un tout autre service que celui qui leur était assigné dans l'ancienne marche de la préparation. J'aurai du reste à revenir sur ce point.

Dans les ateliers où les caissons fonctionnent concurremment avec l'aftersetzmaschine, on réserve naturellement à ce dernier appareil les matières les plus riches. En ce cas, les sables abandonnés par l'übergang de l'aftersetzmaschine sur les gradins de l'abfallgerenne *m* sont ordinairement traités aux caissons. (Voir le tableau du travail du premier bocard de Clausthal ci-après.)

Table à secousses (Stossherd).

Les tables à secousses ont été, au Harz, successivement employées, puis abandonnées, puis employées de nouveau et remises à la retraite un certain nombre de fois. En 1850, lors de la visite de M. Rivot, elles semblaient être peu en

faveur (*). On y est revenu dans ces derniers temps, et on les a adoptées sur une assez grande échelle dans les plus nouveaux ateliers, notamment dans le quatrième de Zellerfeld et dans les projets du nouveau grand bocard. Toutefois on ne les emploie et on ne veut les employer que pour le traitement de sables d'une certaine dimension. Jusqu'ici on est persuadé au Harz que les tables à secousses ne valent rien pour le travail des schlamms, parce qu'elles occasionneraient des pertes trop considérables. On préfère de beaucoup, pour les schlamms, les tables dormantes. L'opinion des ingénieurs du Harz est sans doute fort discutable : l'expérience d'autres localités montrent que les tables à secousses peuvent traiter convenablement même des schlamms assez fins. Il est possible toutefois que les tables dormantes soient en effet préférables pour ce travail. On peut du reste, à propos des tables à secousses du Harz, répéter l'observation que j'ai déjà faite à propos du setzherd. Les tables à secousses du Harz sont excessivement massives, et on paraît ne savoir les faire marcher qu'avec de violentes secousses : si on les a expérimentées sur des schlamms fins dans ces conditions, il n'est pas étonnant qu'on les ait trouvées fort mauvaises.

Le sichertrog (espèce de stossherd très-court à grandes oscillations) (**), décrit par M. Rivot, a entièrement disparu. Le travail aux tables à secousses actuellement employées

(*) On ne trouve dans la description de M. Rivot, comme représentant des tables à secousses, que l'appareil appelé sichertrog qui n'occupe pas, dans l'ensemble de la préparation, une place très-importante, et n'est employé que pour une certaine qualité de sables.

(**) Le sichertrog se distingue surtout des tables à secousses ordinaires, par ce fait qu'il travaille presque toujours avec contre-pente et que les secousses paraissent surtout destinées à faire avancer la galène vers la tête, au lieu que dans les tables à secousses ordinaires, les secousses ont principalement pour but de remettre simplement les matières en suspension.

est beaucoup plus simple. C'est du reste en vue de diminuer la main-d'œuvre (diminution rendue nécessaire par les circonstances sur lesquelles j'ai appelé l'attention plus haut) qu'on est revenu aux tables à secousses. Le travail qu'on fait faire actuellement aux stossherds remplace non-seulement le travail des anciens sichertrogs, mais encore une partie du travail des caissons (l'autre partie étant remplacée par l'aftersetzmaschine). Le travail aux caissons exigeait beaucoup plus de main-d'œuvre, mais donnait, à ce qu'il paraît, de meilleurs résultats, au point de vue des produits, que le travail aux tables à secousses; aussi a-t-il fallu qu'on fût absolument contraint à diminuer la main-d'œuvre pour qu'on adoptât ces dernières. On verra des exemples de l'emploi des tables à secousses dans le premier bocard de Clausthal où le stossherd ne fait guère que remplacer l'ancien sichertrog, et surtout dans le quatrième de Zellerfeld, où les stossherds traitent des matières qui, dans les ateliers possédant encore des caissons, seraient travaillées sur ces derniers appareils (sables formant l'übergang des aftersetzmaschines). C'est dans ces descriptions spéciales seulement qu'il me sera possible d'indiquer d'une manière bien précise la place que les tables à secousses tiennent dans la suite des opérations, les produits qu'elles traitent et ceux qu'elles fournissent.

Les tables à secousses ne donnent pas du premier coup un produit bon à fondre; il faut retraiter la partie la plus riche donnée par le premier travail, qu'on peut appeler dégrossissage (*Roharbeit*) pour avoir un produit livrable à l'usine. Ce travail de finissage s'appelle *Reinarbeit*. Quand on a plusieurs stossherds, les uns ne font que le dégrossissage, on les appelle *rohstossherds;* les autres ne font que le finissage, on les appelle *reinstossherds*. Dans le quatrième bocard de Zellerfeld, il n'y a qu'un reinstossherd pour quatre rohstossherds.

Le travail actuel à la table à secousses marche seul.

L'alimentation se fait d'une manière continue par une tête fixe semblable à celle des kehrherds ou des plannenherds, sur laquelle arrive le courant liquide tenant les matières en suspension. L'ouvrier n'a qu'à enlever les produits lorsque la table est pleine. Il n'y a pas à distinguer plusieurs périodes comme dans l'ancien travail au sichertrog; l'inclinaison de la table reste constante pendant tout le traitement d'un produit déterminé (*). L'ouvrier ne promène son rable sur la surface des matières que pour détruire les accumulations anormales qui se produiraient en certains points; en principe, il n'a qu'à surveiller l'appareil et à le décharger. Il faut par suite fort peu de main-d'œuvre; un ouvrier suffit pour six stossherds.

Les matières autrefois traitées au sichertrog subissent aujourd'hui le traitement ordinaire au stossherd; il n'y a, au fond, aucune différence dans le but qu'on se propose et dans les résultats qu'on obtient. A la vérité, on ne peut pas distinguer deux périodes distinctes dans le travail actuel au stossherd, comme dans l'ancien travail au sichertrog; mais, comme on l'a vu, on ne peut obtenir un schlieg livrable à l'usine en une seule opération; il faut deux opérations successives qui ne se font pas avec la même inclinaison et même pas ordinairement sur la même table. Ces deux opérations successives (roharbeit et reinarbeit) correspondent parfaitement aux deux périodes du travail au sichertrog; toute la différence consiste en ce qu'elles ne se succèdent plus immédiatement, les matières dégrossies étant maintenant enlevées pour être retraitées plus tard.

Les tables à secousses ont des dimensions variables. Au quatrième bocard de Zellerfeld, on en trouve de deux dimensions :

(*) L'emploi de la contre-pente si usitée dans le sichertrog est très-rare avec les stossherds actuels.

	LONGUEUR.	LARGEUR.	POIDS.
Petits stossherds pour les plus gros sables.	mèt. 10′ = 2,92	mèt. 2 1/2′ = 0,73	Cr. kil. 9 = 450
Grands stossherds pour les sables les plus fins.	11′ = 3,20	3 1/2′ = 1,03	14 = 700

Une table à secousses (grande ou petite) reçoit de 1/2 à 1 pied cube de liquide trouble par minute, suivant que le sable à traiter est plus ou moins fin. L'amplitude et le nombre des secousses varient suivant la nature des matières traitées, mais sont d'ordinaire fixes pour une table donnée; c'est seulement l'inclinaison de la table qu'on fait varier d'après les matières qui l'alimentent. Je renvoie du reste, pour les indications numériques à cet égard, aux deux descriptions spéciales du premier bocard de Clausthal et du quatrième de Zellerfeld.

Une grande table à secousses exige à peu près autant de force qu'une flèche de bocard (2/3 à 3/4 de cheval). Une petite table à secousses dépense à peu près les 2/3 de la force nécessaire à une flèche, c'est-à-dire 1/2 cheval environ.

On a fait des essais nombreux pour déterminer la puissance productive des tables à secousses. Je citerai les résultats obtenus pour le stossherd du dixième bocard de Clausthal, qui est de mêmes dimensions que les grands stossherds du quatrième de Zellerfeld. Les essais ont montré qu'une pareille table à secousses peut traiter en une heure trois quarts (roharbeit et reinarbeit comprises), environ 6 centner de sables fins ou farine grossière (grobes Mehl). La roharbeit durait une heure, la reinarbeit trois quarts d'heure (*). Les matières traitées (6 cr.) fournissaient 2/3

(*) La durée relative de la roharbeit et de la reinarbeit, pour une quantité déterminée de matières, dépend de la nature de ces matières et de la façon dont on conduit le travail, car la roharbeit

de cr. de schlieg impur, qui par la reinarbeit se réduisaient à 1/2 cr. de schlieg bon pour l'usine.

Les frais d'établissement des tables à secousses sont assez considérables. Les grands stossherds (comme ceux du quatrième de Zellerfeld) coûtent environ 300 thalers (1.125 fr.) chacun, quand on les établit par systèmes de trois ou quatre. Isolés, ils coûtent naturellement davantage.

Trichterherd.

(Pl. XIV.)

Jusqu'ici il n'existe dans tout l'Oberharz qu'un seul trichterherd qui fonctionne dans le premier bocard de Clausthal ; mais on en établira un certain nombre dans le nouveau grand bocard. Le trichterherd du premier bocard de Clausthal traite les sables fins incomplétement débourbés qui autrefois allaient au sichertrog et sont aujourd'hui dans d'autres ateliers (et même en partie au premier bocard) traités sur des stossherds. Le trichterherd doit donc être regardé comme effectuant le même travail que les tables à secousses.

Le trichterherd a une sole circulaire en forme de cône concave ou d'entonnoir (Trichter) très-évasé. Au centre se trouve une ouverture par laquelle s'écoulent les matières qui ne se sont pas déposées sur la sole. Le diamètre total est de 14'9" (4^{m},31), celui de l'ouverture centrale de 4'1" (1^{m},20). L'inclinaison de l'arête du cône est de 1" par pied ou 1/12. La sole est fixe; elle reçoit par son pourtour le liquide trouble portant les matières en suspension. Ce liquide est distribué sur toute la circonférence par un

peut être faite de manière à donner un produit plus ou moins enrichi, c'est-à-dire de manière à avancer plus ou moins la besogne. La durée ordinaire de la reinarbeit est moindre que celle qui a eu lieu dans les essais cités ici, car un reinstossherd suffit d'ordinaire au finissage des produits dégrossis par quatre robstossherds.

système de quatre bras en bois MN, dont chacun porte un canal *cd* également en bois. Ce système de bras est animé d'un mouvement de rotation dans le sens des flèches φ. Le liquide sort par la partie recourbée *d* qui termine chaque canal, et qui est dirigée en sens inverse du mouvement de rotation des bras. Il résulte de cette disposition que, la vitesse de rotation étant convenablement réglée d'après celle du liquide, le jet d'eau trouble tombe sur la circonférence du trichterherd sans vitesse, de sorte que le liquide coule vers le centre suivant un rayon. Les bras font ordinairement douze à quatorze tours par minute.

Les bras MN qui portent les canaux *cd* supportent aussi quatre barres légères *ef* parallèles à la sole primitive ou parallèles à la sole artificielle formée par les matières déjà déposées. Trois de ces quatre barres légères portent des toiles pendantes. La quatrième est armée de pointes de fer. Elles peuvent être élevées à mesure que la sole s'exhausse par suite de nouveaux dépôts. Ce déplacement est très-facile, grâce au mode de suspension; chacune de ces quatre barres légères est supportée par deux ficelles ε qui passent sur de petites poulies β, portées elles-mêmes par les gros bras; ces ficelles s'enroulent ensuite sur des clefs de violon γ. Les barres légères ne sont pas dirigées suivant des rayons, mais parallèles à la ligne des poulies (*fig.* 4); elles sont maintenues à une obliquité constante par un guidage formé simplement de petites barres verticales *g* qui passent dans des coulisses en bois adaptées aux gros bras MN. Cette obliquité sur le rayon qui passe par l'extrémité de la barre est de 1′ environ sur la longueur totale. Les barres légères *ef* s'étendent depuis la circonférence jusqu'à l'ouverture centrale. L'effet des toiles pendantes et des dents portées par les quatre barres est de remettre en suspension les matières qui viennent de se déposer; c'est un effet tout à fait analogue à celui des secousses du stossherd.

Les canaux de bois *cd* qui amènent le liquide sont suspendus à l'extrémité *d* voisine de la circonférence par des ficelles avec clefs de violon δ, qui permettent de relever cette extrémité *d*. A l'extrémité centrale, ces canaux s'engagent dans le petit réservoir cylindrique en tôle *b* qui est solidaire avec les gros bras et tourne avec eux. Ce petit réservoir est divisé par des cloisons en quatre parties correspondant chacune à un des quatre canaux en croix. Le liquide trouble arrive par un canal faiblement incliné H qui à son extrémité se partage en quatre parties par des cloisons longitudinales (*fig.* 5). Chacune de ces quatre parties est munie d'un orifice *k* par lequel le liquide tombe dans le réservoir en tôle *b*. Les quatre orifices *k* sont disposés symétriquement autour de l'axe O de l'appareil. Chacun des quatre compartiments du réservoir en tôle *b* reçoit successivement le liquide qui s'écoule de chacun des quatre orifices du canal H. L'alimentation reste ainsi parfaitement constante et uniforme sur toute la circonférence.

Les matières à traiter sont d'abord chargées dans une cage rectangulaire A formée d'un treillage en fil de fer. L'eau pure amenée par un canal C tombe d'abord sur un tamis rectangulaire B formé par une plaque percée de trous comme une écumoire et destiné à arrêter les impuretés apportées par l'eau. L'eau en tombant ensuite dans la cage A délaye les matières qui sont ainsi entraînées dans l'espace vide D situé au-dessous de la cage A et sont mises en bouillie parfaite au moyen d'un petit Rührwerk (roue à palettes) E. Une grille G formée de barreaux verticaux et placée entre l'espace D et celui où barbotte la roue E arrête les ordures (pailles, fragments de balais, etc.) qui peuvent se trouver dans les matières. De l'auge où fonctionne le Rührwerk, les matières coulent par un conduit F dans un petit trommel K qui ne laisse arriver à l'appareil que des matières parfaitement délayées. Les impuretés de toute nature, les grumeaux, etc., tombent par un canal vertical *aa* dans un

bassin spécial où elles sont reprises pour être lavées aux kehrherds.

Pour compléter cette description il convient d'ajouter quelques détails sur la construction de l'appareil. Les fondations comprennent d'abord des assises de pierres, puis de l'argile bien damée maintenue extérieurement par une enceinte de planches verticales assemblées comme les douves d'un tonneau. Sur cette argile repose une enrayure (Herdgerüste) (fig. 3) formée de pièces de bois à section rectangulaire de 8" de largeur et de 6" de hauteur. Cette enrayure a la forme de trichter avec l'inclinaison que doit présenter la sole de l'appareil. Cette sole est formée de planches de 1 1/2" d'épaisseur clouées sur l'enrayure.

Les matières traitées au trichterherd sont, comme je l'ai dit, les sables fins imparfaitement débourbés de l'unterschossgerenne (Voir le Mémoire de M. Rivot). Le trichterherd ne donne pas du premier coup un produit livrable à l'usine. Il faut repasser à l'appareil le produit dégrossi par un premier travail : on distingue pour le trichterherd, comme pour le stossherd, le dégrossissage ou Roharbeit et le finissage ou Reinarbeit.

Des essais comparatifs ont été faits pour déterminer la puissance productrice du trichterherd en même temps que celle du stossherd. J'ai déjà indiqué (page 361), les résultats obtenus pour le stossherd.

En rapportant les résultats fournis par le trichterherd au même *quantum*, on a trouvé que pour traiter 6 centner de matières (grobes Mehl) au trichterherd il faut en tout 48[minutes] : 24[m] pour le dégrossissage et 24[m] pour le finissage. Les matières traitées étaient identiquement les mêmes qu'au stossherd : on a obtenu la même quantité de schlieg, 1/2 centner, avec un avantage insignifiant en faveur du trichterherd au point de vue de la teneur en plomb et en argent. D'après cela, un trichterherd fait en quarante-huit minutes ce que le stossherd fait en une heure trois

quarts (105 minutes) : 1 trichterherd fait donc un peu plus de besogne que 2 stossherds. On peut remarquer que le trichterherd est, au point de vue de la rapidité du travail, un peu plus avantageux dans le dégrossissage que dans le finissage, car il met autant de temps à faire le deuxième travail que le premier, au lieu que le stossherd met moins de temps à faire le finissage du produit provenant d'une certaine quantité de matières, qu'il n'en met à les dégrossir. Dans le premier bocard de Clausthal où se trouvent à la fois un trichterherd et un stossherd, on emploie le premier exclusivement au dégrossissage, réservant le finissage au second (*).

Le trichterherd consomme plus d'eau que le stossherd : une fois et demie à peu près pour la même quantité de matières.

La force motrice nécessaire est insignifiante.

Un ouvrier suffit pour le service de l'appareil.

Le principal avantage du trichterherd est de n'exiger presque aucune réparation. Celui du premier bocard de Clausthal marche depuis six ans : il n'a coûté

(*) Dans les essais comparatifs, le travail était conduit de manière que les produits dégrossis par la roharbeit fussent de même richesse pour le trichterherd et pour le stossherd, de façon que la reinarbeit portât, pour les deux appareils, sur le même poids de matières. Il y a d'ailleurs lieu d'appliquer au trichterherd la note de la page 361 : le dégrossissage au trichterherd avance plus la besogne que ne l'indiqueraient les essais cités ici, et le finissage exige ordinairement beaucoup moins de temps : en effet, le trichterherd du premier bocard de Clausthal ne suffit pas pour alimenter de produits dégrossis le stossherd de cet atelier : ce dernier appareil traite directement la partie la plus riche des sables de l'unterschossgerenne. Or un trichterherd équivaut pour le dégrossissage à 2 1/2 stossherds : d'après les chiffres ci-dessus, le stossherd devrait mettre $3/4^h \times (2\ 1/2) = \frac{15^h}{8}$ soit près de deux heures à finir ce que le trichterherd dégrossit en une heure : il ne suffirait donc pas au finissage.

que 2 thalers (7f,50) de réparations depuis son établissement. Les frais de premier établissement ont été de 200 thalers (750 fr.).

Table tournante ou Kehrherd continu.

(Rotirende Kehrherd ou Rundherd.)

On trouve au Harz deux types de tables tournantes : je vais les décrire successivement.

Je commence par le plus ancien et le plus répandu jusqu'ici : c'est à ce type qu'appartiennent les tables tournantes du quatrième bocard de Zellerfeld représentées par la Pl. XV, *fig.* 1 et 2). Je le désignerai par le nom de Rotirende-Herd n° 1.

La table proprement dite a la forme d'une surface conique convexe dont les génératrices sont inclinées au 1/12 (inclinaison ordinaire des tables dormantes ou kehrherds ordinaires). Elle est portée par un gros axe vertical en bois (c) de 1 1/2' (0m,44) de diamètre dont l'extrémité inférieure munie d'un pivot tourne dans une crapaudine fixée dans le sol, tandis que l'extrémité supérieure se termine par un axe en fer qui passe dans un collier et supporte une roue dentée destinée à mettre en mouvement l'appareil. Le gros axe vertical en bois supporte une charpente composée de madriers horizontaux assemblés avec des bras obliques qui par leur extrémité inférieure s'appuient sur une armature en fonte garnissant le pied de l'axe.

Sur cette charpente ou enrayure horizontale repose un système de chevrons inclinés comme doit l'être la surface de la table. C'est sur ce système de chevrons que sont clouées les planches qui forment la sole. Le plancher est double : il y a un premier plancher formé de planchettes de 1 1/2" (0m,036) d'épaisseur clouées avec des clous en

fer; il est recouvert par un revêtement formé de planchettes de 1" ($0^m,024$) chevillées avec du bois. La surface de ce deuxième plancher est soigneusement dressée et rabotée.

Tout autour de la table règne un canal à section rectangulaire en tôle qui reçoit les matières tombant de la table. Ce canal est divisé par des cloisons transversales en plusieurs parties inclinées chacune vers un orifice de dégagement qui conduit les matières à un bassin de réception. Le bord de la table est garni d'une plaque de tôle verticale qui descend dans le canal et empêche le liquide de couler, par adhérence capillaire, sous la face inférieure de la table. Autour de l'axe et immédiatement au-dessus de la table, se trouve un canal annulaire divisé en deux compartiments f et f_1. Ce canal ne touche ni la table ni l'axe qu'il enveloppe comme une bague : il est suspendu par des tringles de bois à la charpente de l'atelier. L'un des compartiments (f_1) qui occupe le quart environ de la circonférence reçoit les eaux chargées de schlamms à laver (Trübe) ; l'autre (f) qui occupe les trois autres quarts de la circonférence reçoit de l'eau pure. Les liquides s'échappent de l'un et l'autre compartiment par de petites échancrures pratiquées sur la surface latérale extérieure du canal, laquelle est formée d'une tôle ondulée, chaque ondulation correspondant à une petite échancrure (Pl. XVIII, *fig.* 7). On arrive par là à distribuer les liquides uniformément sur le pourtour.

L'eau claire et l'eau chargée de schlamms arrivent chacune par un canal spécial. Cette dernière remplit le petit compartiment f_1 du canal annulaire et se répand sur le quart environ de la circonférence. Mais la table tourne tandis que les canaux restent fixes : la matière qui se dépose sur la table vient par le fait de la rotation se placer dans le courant d'eau claire qui est distribué par f et est lavée par cette eau. La matière en continuant de tourner rencontre de petits rablés en bois A' portés par un long bras

animé d'un mouvement d'oscillation autour d'un axe vertical I, puis des brosses à soies longues et claires B portées par un autre bras oscillant autour du même axe I. Ces rables et ces brosses remettent les matières en suspension et facilitent le départ de la gangue. Les premières eaux qui s'écoulent de la table n'entraînent que les matières très-légères qui passent sur la table sans se déposer; mais les eaux qui s'écoulent par les portions de la circonférence où travaillent les rables et les brosses sont plus riches et doivent être recueillies à part. Voilà pourquoi le canal qui reçoit le liquide tombant de la table présente une cloison transversale N.

La table continuant à tourner transporte la matière au delà des rables et des pinceaux à longues soies. Le schlieg se montre alors sur la table parfaitement purifié : il faut l'enlever et le faire tomber dans la partie du canal de ceinture qui est destinée à le recueillir. Pour cela on a disposé une batterie de brosses à soies courtes et roides qui sont portées par un même bras GG animé d'un mouvement de va-et-vient qu'il reçoit d'un excentrique. Un guidage convenable maintient les brosses constamment appliquées sur la surface de la table. De l'eau pure empruntée au canal E, qui alimente déjà le compartiment *f*, s'écoule par une feuille de zinc F, inclinée en déversoir de manière à arroser abondamment le pied des brosses qui sont extrêmement rapprochées de ce déversoir. Le schlieg remis en suspension par les brosses tombe dans la partie du canal qui lui est réservée et de là s'en va par un tuyau dans les bassins où il doit se déposer.

Il est clair que grâce aux diverses dispositions que je viens de décrire, on réalise d'une manière continue un travail absolument identique au travail intermittent des anciens kehrherds.

On obtient au moyen du Rotirende Herd, comme dans le travail ordinaire aux kehrherds, trois produits : 1° les

schlamms légers qui passent sans se déposer et tombent les premiers des parties de la table directement alimentées d'eau trouble : c'est l'abgang ; 2° les schlamms déjà plus riches qui se sont d'abord déposés, puis sont repris et entraînés par l'eau pure de lavage dont l'action est aidée par les systèmes de rables et brosses : c'est l'unterfass ; 3° le schlieg. L'unterfass occupe près de la moitié de la circonférence.

La continuité du travail se poursuit plus loin lorsque, comme dans le quatrième bocard de Zellerfeld, les tables tournantes sont disposées par couples, de manière que l'abgang, c'est-à-dire les premières eaux abandonnées par la première table aillent directement alimenter la seconde. Dans quelques ateliers (sixième de Clausthal, premier de Hülfe Gottes) l'espace n'a pas permis d'employer deux tables tournantes couplées ; mais partout où cela a été possible, cette disposition des tables tournantes par couples a été adoptée. On appelle en ce cas Oberherd la table supérieure, Unterherd la table inférieure alimentée directement par des matières tombant de l'Oberherd. Lorsque, comme cela est le plus ordinaire, c'est l'abgang de l'Oberherd qu'on fait passer sur l'Unterherd, ce dernier ne doit servir qu'à contrôler le travail et ne devrait, en principe, fournir aucun schlieg. Le diamètre ordinaire d'un Oberherd est de 18′ ($5^m,29$). Les Unterherds n'ont que 16′ ($4^m,77$). Nous avons observé la disposition des tables tournantes par couples, sans parler du quatrième bocard de Zellerfeld, dans le deuxième de Clausthal, le troisième de Zellerfeld, le quatrième de Lautenthal, etc. A Bergwerkswohlfahrt, on trouve un système de trois tables associées : un Oberherd et deux Unterherds alimentés, le premier par l'abgang, le second par l'unterfass de l'Oberherd.

La durée de la rotation est variable suivant la nature de la gangue : plus la gangue est lourde, plus la table doit tourner lentement. La durée ordinaire d'un tour est de

cinq à six minutes pour l'Oberherd, de trois et demie à quatre minutes pour l'Unterherd.

La force nécessaire à un système de deux tables couplées est de moins d'un demi-cheval. Ce sont les brosses qui absorbent presque tout le travail moteur. Sans brosses, un gamin de dix ans fait marcher facilement les deux tables.

Les frais d'entretien des tables tournantes sont insignifiants et se réduisent à peu près à la dépense de brosses. Les brosses balayeuses (GG) durent ordinairement six mois.

Le service d'un système de deux tables couplées n'exige qu'un garçon de quatorze ou quinze ans.

Je passe maintenant au second type de table tournante, dont il n'existe encore qu'un exemplaire installé dans le dixième bocard de Clausthal. Cette table tournante est représentée Pl. XV, *fig.* 3 et 4, et Pl. XVI, *fig.* 1.

Elle a la forme d'un cône concave ou d'un entonnoir très-évasé : les eaux chargées de schlamms arrivent en un point de la circonférence et sortent par une ouverture centrale ; c'est l'inverse de ce qui se passe dans l'autre type de table tournante.

La charpente se compose de deux couronnes formées de pièces de bois courbes et assemblées comme celles qui forment la jante d'une roue. Chacune de ces couronnes en bois repose sur quatre galets verticaux et peut par suite facilement tourner autour de son centre. La plus grande des deux couronnes est plus élevée que la plus petite; des chevrons inclinés vont de l'une à l'autre. C'est sur ces chevrons que repose le plancher formant la table proprement dite. Ce plancher est double et constitué exactement de même que dans l'autre type de table tournante. On met l'appareil en mouvement en communiquant un mouvement de rotation à l'un des galets : la couronne qui repose sur ce galet est entraînée et toute la table avec elle.

Les eaux chargées de schlamms sont amenées par des canaux sur des têtes de table dormante qui les versent en nappes minces sur la table tournante. Dans le principe, il n'y avait qu'une de ces têtes ; aujourd'hui, il y en a trois. Ces trois têtes réunies n'embrassent que le douzième tout au plus de la circonférence.

Immédiatement après les trois têtes qui versent le liquide trouble sur la table tournante, règne un canal courbe AA, qui embrasse environ le quart de la circonférence et verse de l'eau pure sur la table. La face intérieure de ce canal est en tôle ondulée à petites échancrures, comme la face faisant déversoir du canal annulaire (f, f_1) qui alimente l'autre système de table tournante.

Rien n'empêche d'installer sur une table tournante du deuxième système un appareil de rables et de brosses identique à celui que nous avons vu fonctionner sur les tables tournantes du premier modèle. On peut également enlever le schlieg déposé en le mettant en suspension au moyen d'une batterie de brosses à poils roides et courts animées d'un mouvement de va-et-vient au moyen d'un excentrique. Rien de tout cela n'existe pour le moment sur la table tournante du dixième bocard de Clausthal : c'est que cette table n'est actuellement employée qu'à traiter des schlamms assez fins ; et le traitement de ces matières fines n'exige ni rables ni pinceaux. L'arrosage à l'eau pure produit par le canal A et par un second canal courbe B, suspendu au-dessus de la table, suffit au lavage, d'autant plus qu'on a, à titre d'essai, donné à l'arête du cône formé par la table une inclinaison supérieure à l'inclinaison ordinaire des kehrherds (1 3/8" par pied au lieu de 1"). Quant à l'enlèvement du schlieg, il est produit par un jet d'eau arrivant par un ajutage étroit C, sous une pression un peu grande : ce jet d'eau frappe la surface de la table sous un petit angle et la balaye parfaitement, d'autant plus facilement ici que le schlieg est très-fin et l'inclinaison plus grande. Cet en-

lèvement du schlieg par un jet d'eau, sans brosses, a été aussi appliqué à des tables du premier système.

Le canal circulaire intérieur qui reçoit les matières tombant de la table est divisé en trois parties, comme pour l'autre type de table tournante. La partie réservée à l'entonnoir forme environ les deux tiers de la circonférence.

Le diamètre extérieur de la table est de 18′ 10″ (5m,53). Le diamètre de l'ouverture centrale est de 6′ (1m,75).

J'ai dit que la surface est inclinée de 1 3/8″ par pied. Les résultats ne sont pas favorables à cette innovation, et dans les nouvelles tables que l'on construira sur le même modèle, on reviendra à l'inclinaison de 1″ par pied. On se propose aussi d'employer le plus ordinairement pour l'enlèvement du schlieg une batterie de brosses placées suivant αβ. Une pareille batterie a déjà fonctionné sur le Rundherd du dixième bocard de Clausthal lui-même.

Cette table tournante fait un tour en trois minutes et demie. Elle exige comme force motrice 1/4 de cheval tout au plus. Elle occupe un gamin de quatorze à quinze ans. L'entretien de l'appareil est insignifiant.

Des essais comparatifs ont été faits sur les deux types de kehrherds tournants et sur les kehrherds ordinaires. Ils ont donné les résultats suivants :

On a traité des schlamms identiques, d'une part sur un système de deux Rundherds n° 1 couplés, l'Unterherd recevant l'Abgang de l'Oberherd, et d'autre part sur le Rundherd n° 2, *alimenté par une seule tête*. Le travail complet de 350 centner de schlamms a duré :

Au système de Rundherds n° 1 couplés. 90h
Au Rundherd n° 2 du 10e de Clausthal. 83h 1/4

Il n'y a eu absolument aucune différence entre les deux appareils, soit pour la quantité de schlieg obtenue, soit pour sa teneur. Les deux systèmes de Rotirende-Kehrherds ont fourni pour une même quantité de schlamms un poids un

peu plus considérable de schlieg que les kehrherds ordinaires, mais la différence est presque insignifiante.

Il faut sept kehrherds ordinaires pour remplacer un système n° 1 ou un Rundherd n° 2, ces deux derniers appareils étant à peu près équivalents.

Les deux types de Rundherds consomment la même quantité d'eau. Cette quantité est inférieure à la moitié de celle qu'exigent sept kehrherds ordinaires.

Sept kehrherds ordinaires coûtent de premier établissement 80 thalers (300 francs).

Un couple de Rundherds n° 1 coûte environ 400 thalers (1.500 francs).

Le Rundherd n° 2 du dixième bocard de Clausthal a coûté 900 thalers (3.375 francs).

Il faut tenir compte de ce que ce dernier appareil est le premier de ce type qui ait été construit. Il est bien probable que les appareils qu'on construira par la suite coûteront beaucoup moins.

Dans les essais ci-dessus rapportés, on ne faisait arriver d'eau chargée de schlamm sur le Rundherd n° 2 que par une seule tête. C'est dans ces conditions qu'ont été obtenus les nombres ci-dessus. Depuis on a mis deux têtes, puis trois, puis quatre, de manière à faire arriver sur l'appareil deux fois, trois fois, quatre fois autant de matières. On s'est arrêté au nombre trois, après quelques tâtonnements, et l'on constate aujourd'hui que l'appareil fait tout aussi bien une besogne triple, en sorte que le Rundherd du dixième bocard de Clausthal peut parfaitement remplacer une vingtaine de Kehrherds ordinaires. Aussi, malgré le haut prix de premier établissement, est-ce le Rundherd n° 2 qui paraît avoir le plus de chances d'être adopté dans le nouveau grand bocard.

Description du premier bocard de Clausthal.

(Pl. XVI, *fig.* 5).

Ce bocard possède quelques-uns des nouveaux appareils récemment introduits dans la préparation mécanique du Harz : toutefois, il présente encore dans son ensemble la disposition ordinaire des anciens bocards, ce qui est du reste le cas de tous les bocards du district de Clausthal. Tous ces bocards fournissent d'excellents résultats, et le premier bocard de Clausthal en particulier est encore un sujet d'étude fort intéressant.

Minerais traités. — Ce bocard reçoit des minerais schurerz (ou walzerz) et pocherz des mines Dorothée, Bergmannstrost, Rosenhof et Altersegen. Il traite aussi une petite quantité de menu de cassage (Krumpfpocherz) provenant des mêmes mines. Le minerai est une galène un peu blendeuse contenant très-peu de pyrite. La proportion de blende va en moyenne de 10 à 12 p. 100. Les gangues terreuses sont, dans l'ordre d'importance : la grauwacke, le quarz, un peu de calcaire, très-peu de thonschiefer. Il n'y a pas du tout de baryte sulfatée.

Consistance de l'atelier. — L'atelier se divise en deux parties : le bocard proprement dit (Pochhaus) et la laverie (Waschgebäude).

Le pochhaus contient :

1° Une paire de cylindres broyeurs A (Walzwerk) avec un trommel sec et une roue élévatrice B pour les morceaux non suffisamment broyés.

2° Un trommelapparat C composé de 5 trommels classeurs.

3° Un bocard D de 3 batteries à 3 flèches chacune.

4° Un crible continu pour les grenailles E (continuirliche Graupensetzmaschine).

5° Deux cribles à tamis mobile F pour les plus gros numéros de grenailles.

La laverie contient :

1° Un spitzgerenne (*hh*), deux schossgerenne (*mm*), deux unterschossgerenne (*nn*), un labyrinthe (Mehlführung).

2° Une aftersmetzmaschine (crible continu pour les sables) H.

3° Un grand abfallgerenne K en relation avec l'aftersetzmaschine et débouchant dans le durchlass L.

4° Trois caissons (Schlämmgräben) X.

5° Un planherd comprenant : un durchlass ou caisse de débourbage L, un abfallgerenne M, et un plannenherd ou table à toiles N.

6° Un trichterherd T.

7° Un stossherd ou table à secousses S.

8° Quatre kehrherds ordinaires V.

9° Le système ordinaire de bassins intérieurs et extérieurs.

10° Le bureau G du steiger.

Dans le pochhaus, le bassin et les canaux a_1 ne sont destinés qu'à recueillir les eaux qui coulent sur le sol de l'atelier. Ces eaux rejoignent dans le canal h_1 celles qui proviennent des cribles. Toutes ces eaux tiennent en suspension des matières utiles qui se déposent dans les bassins b_1 ou dans le labyrinthe.

Les bassins du pochhaus et les bassins b_1, b'_1, b''_1, α, β, α_1, β_1, β'_1, γ, δ de la laverie sont recouverts de trappes faisant partie du plancher de l'atelier et ne gênent pas la circulation.

Force motrice. — Une roue en dessus R de 14' (4m,09) de diamètre et de 3' (0m,88) de largeur, recevant 500 pieds cubes (12mc,5) d'eau par minute fournit la force motrice alternativement aux cylindres et aux cribles d'une part, et aux bocards d'autre part. Le bocardage ne marche que pendant le poste de nuit.

Le trichterherd et le stossherd sont mus chacun par une petite roue d'environ 6′ de diamètre recevant 60 à 80 pieds cubes par minute pour le stossherd, et moins de la moitié de cette quantité pour le trichterherd.

Détails sur quelques-uns des appareils. — La disposition des *cylindres broyeurs* ne donne lieu à aucune observation : ces cylindres et la roue élévatrice sont entièrement conformes à la description de M. Rivot. On broie ordinairement 1 treiben ($7^{m.c},5$) en 10 heures. Le remplacement du rätter par un trommel sec n'épargne pas 1/4 de cheval. Le trommel sec doit être mis exactement à la place du rätter dans la figure donnée par M. Rivot. Ce trommel est en treillis à mailles carrées de 3/8″ ($0^m,009$) de côté; sa longueur est de 4′ ($1^m,17$), son diamètre de 18″ ($0^m,43$), son inclinaison de 3/4″ par pied $\left(\frac{1}{16}\right)$. Il fait environ 30 tours par minute. (Les cylindres en font 16.)

Trommelapparat. — Les cinq trommels ont la même longueur : 4′ = $1^m,17$. Les quatre premiers ont 18″ ($0^m,43$) de diamètre. Le 5ᵉ a 24″ ($0^m,58$) de diamètre : il est monté sur le même axe que le 4ᵉ et l'enveloppe complétement, de telle sorte que les matières qui traversent les mailles du 4ᵉ trommel tombent directement sur la surface intérieure du 5ᵉ. (Pl. XVIII, *fig.* 9.) Les cinq trommels sont inclinés de 3/4″ par pied $\left(\frac{1}{16}\right)$; ils font trente tours par minute. Le premier trommel du trommelapparat est identique au trommel sec : il ne sert qu'à réparer les erreurs de celui-ci qui se détériore assez vite et laisse passer une certaine quantité de grains trop gros. Ces grains, refusés par le premier trommel du trommelapparat sont chargés dans la roue élévatrice. Les cinq trommels du trommelapparat sont en treillis à mailles carrées ayant respectivement pour côté :

Premier trommel. . . . . 3/8".		$0^m.009$
Deuxième trommel. . . . . . . 3/16"		$0^m.0045$
Troisième trommel.		$0^m.003$
Quatrième trommel.		$0^m.002$
Cinquième trommel.		$0^m.001$

Les matières broyées par les cylindres sont chargées dans une trémie qui débouche à la partie supérieure du premier trommel. Cette trémie reçoit un courant d'eau. Les trommels sont de plus arrosés par des jets que fournissent des canaux horizontaux ; enfin des courants d'eau arrivent dans les auges placées sous les trommels et facilitent la marche des matières.

Cribles. — Les cribles à tamis mobiles sont d'anciens cribles à piston inférieur transformés. Le tamis est carré et a 24" ($0^m.58$) de côté ; il est à mailles carrées de 3 millimètres de côté. La profondeur du cadre du tamis est de 7" ($0^m.17$). L'amplitude des secousses est de 3" ($0^m.073$), leur nombre de 60 par minute.

Le crible continu est une double graupensetzmaschine entièrement conforme à la description donnée ci-dessus. Les tamis sont carrés et ont 24" de côté ; ils ne sont pas à mailles carrées (Pl. XVIII, *fig.* 14) : la largeur des mailles est de 1 millimètre ; la distance des fils transversaux est de 5 millimètres. Nombre de secousses : 60 par minutes ; amplitude des secousses : 3/4" à 2" (0^m,018 à 0^m,049) suivant la grosseur des grenailles. La distance de l'arête inférieure du manchon central au tamis varie avec les grenailles : elle est de 3/8" au plus pour les grenailles les plus grosses qui sont les grenailles n° 2 (3/16" à 3 millimètres), les grenailles n° 1 étant réservées aux cribles à tamis mobile.

Spitzgerenne. — Le pochhaus a son sol à environ un demi-mètre au-dessus de celui de la laverie : cette circonstance a permis l'emploi du spitzgerenne.

Aftersetzmaschine. — Comme d'ordinaire, 130 à 140 secousses par minute, 1/2" d'amplitude.

Stossherd. — 40 à 60 secousses par minute. Amplitude 1 1/2" en moyenne. L'inclinaison varie selon les matières traitées : elle sera indiquée plus loin pour chaque cas.

Marche du travail. — La marche du travail est exposée dans le tableau ci-joint. Le traitement du pocherz est exactement le même que celui du schurerz, c'est-à-dire qu'il commence, comme ce dernier, par passer aux cylindres. Il en est de même du krumpf-pocherz (*) dont le traitement ne donne lieu qu'à une petite observation particulière qu'on trouvera ci-après : le krumpf-pocherz passe aux cylindres sans lavage préliminaire.

Le minerai passe d'abord aux cylindres qui donnent des grenailles de 3/8" au plus : les grains plus gros que cette dimension sont refusés par le trommel sec et versés dans la roue élévatrice qui les remonte au niveau des cylindres. Les grenailles obtenues sont classées au moyen du trommelapparat qui donne quatre catégories de grenailles à cribler et des sables fins et schlamms ayant traversé les mailles de 1 millimètre, qui se rendent directement par un canal θ au spitzgerenne de la laverie. Les diverses catégories de grenailles classées par le trommelapparat forment environ les 5/6 du minerai livré aux cylindres broyeurs. Cet appareil ne réduit donc en schlamms et sables fins inférieurs à 1 millimètre que 1/6 des matières. Une partie de ces matières fines est encore soumise à un travail de criblage sur l'aftersetzmaschine, en sorte que la proportion de matière envoyée au travail de la laverie proprement dite par le broyage aux cylindres est très-faible.

Le trommelapparat fournit cinq refus, par conséquent cinq catégories de grenailles ; mais la première doit être rebroyée, comme je l'ai déjà indiqué. Les grenailles n° 1 (3/16 à 3/8") sont criblées sur les cribles à tamis mobile :

(*) Menu du cassage.

TABLEAU DE LA PRÉPARATION MÉCANIQUE DU SCHURERZ

AU PREMIER BOCARD DE CLAUSTHAL.

- Schurerz — [A] Cylindres broyeurs — Trommelapparat
  - Grenailles n° 1 (3/16″ à 3/8″). . Crible à tamis mobile
    - Stuff — usine.
    - Schurerz — Cylindres broyeurs [A].
    - Pocherz
  - Grenailles n° 2 (8mm à 3/16″); Grenailles n° 3 (2mm à 8mm); Grenailles n° 4 (1mm à 2mm). . Crible continu (Graupensetzmaschine).
    - Stuff — usine.
    - Schurerz
    - Pocherz — Bocard fin (2mm) — Spitzgerenne [B].
  - Sables et schlamms. . . . . . . Spitzgerenne [B].

- [B] Spitzgerenne.
  - Durchfall.
    - Schossgerenne — Aftersetzmaschine.
      - Kornstuff — usine.
      - Schlieg — usine.
      - Übergang — grand abfallgerenne. . .
    - Untergerenne (2) — Stossherd (Roharbeit) [F].
    - Abgang. — Labyrinthe.
      - Labyrinthe n° 3 — Trichterherd [G].
      - Labyrinthe n° 4 [H].
  - Übergang. . . . . (Labyrinthe, as above)
  - [Produits réunis :] Sables des gradins — [C] Caissons. . .
    - Grabenschlieg — usine.
    - Schwänzel — caissons [C].
    - Sables des caissons — [D] Abfallgerenne du Planherd.
      - Sables sur les gradins et la tête. — Aftersetzmaschine.
        - Kornstuff — usine.
        - Schlieg — usine.
        - Übergang — grand abfallgerenne.
          - Sables pauvres — pour l'hiver.
          - Abgang — durchlass du Planherd [E].
      - Matières arrivant sur les toiles.
        - Schlieg — usine.
        - Sables pauvres — pour l'hiver (bocard 1mm).
        - Schlamms des bassins extérieurs a et c — Kehrherds de la Schlammwäsche.
        - Boues fines — perdues.
    - Schlamms des bassins spéciaux b_1 — Kehrherd [K].
    - Schlamms — Labyrinthe n° 4 [H].
  - Abgang — [E] Durchlass du Planherd. .
    - Sables débourbés — Abfallgerenne du Planherd [D].
    - Sables du 1er Bassin b'_1 — Stossherd (Roharbeit) [F].
    - Schlamms des bassins b_1'' — Kehrherd [K].
    - Schlamms — labyrinthe n° 4 [H].

- [F] Stossherd (Roharbeit).
  - Schlieg impur — Stossherd (Reinarbeit) [M].
  - Abgang [N].

- [G] Trichterherd. .
  - 1er Abstich. .
  - 1° Abstich. . — [M] Stossherd (Reinarbeit).
    - Schlieg — usine.
    - Abgang [N]. . . . [N]
      - Sables du bassin α — Abfallgerenne du Planherd [D].
      - Schlamms des bassins β — Kehrherd [K].
      - Schlamms — labyrinthe n° 4 [H].
  - Abgang. . . .
    - Sables du bassin α_1 — abfallgerenne du Planherd [D].
    - Schlamms des bassins β_1 — Kehrherd [K].
    - Schlamms — labyrinthe n° 4 [H].

- Schlamms des bassins intérieurs — [K] Kehrherd.
  - Schlieg — usine.
  - Schlamms des bassins intérieurs γ et δ — Kehrherd [K].
  - Schlamms des bassins extérieurs ε — Rückstände Kehrherd du 2e bocard.

on obtient du stufferz, du schurerz et du pocherz. Quand le minerai était lui-même du pocherz, on enlève ordinairement cinq fois du pocherz pour une fois du schurerz et deux fois du schurerz pour une fois du stufferz. Le stufferz va à l'usine, le schurerz repasse aux cylindres, le pocherz va au bocard.

Les trois derniers numéros de grenailles sont traités au crible continu qui donne : 1° Stufferz pour l'usine ; 2° Schurerz ; 3° Pocherz. Ces deux derniers sont bocardés, séparément bien entendu, mais avec la même grille.

Les batteries de bocard sont entièrement conformes à l'ancien type décrit par M. Rivot ; la sole est inclinée de 2 1/2" de la première flèche à la troisième ; la grille est sur un des petits côtés (an der kurzen Wand). Le bocardage auquel on soumet le pocherz et le schurerz du crible continu se fait avec une grille de 2 millimètres, sans spur, c'est-à-dire que le bord inférieur de la grille affleure la sole. Tout est ainsi réduit en sables et schlamms, la dimension moyenne des grains étant d'à peu près 1 millimètre.

Quand on opère sur du krumpfpocherz, on enlève à la surface des cribles à tamis mobile une certaine quantité de bergerz qu'on met en réserve pour l'hiver. Ce bergerz, de même que les sables pauvres indiqués sur le tableau comme réservés pour la même saison, est bocardé en hiver avec une grille de 1 millimètre et 4" de Spurhöhe.

On remarquera que le schurerz provenant du n° 1 de grenailles retourne seul aux cylindres, et que tout le reste est bocardé fin et envoyé à la laverie ; mais il ne faut pas perdre de vue que le travail qui suit le bocardage n'est pas un simple travail de laverie, et qu'une bonne partie des matières passe à l'aftersetzmaschine. En somme, le travail de criblage est, au premier bocard de Clausthal, aussi développé qu'il est pratiquement possible, et on ne soumet les matières à un bocardage fin que quand il n'y a réellement plus moyen de faire autrement.

Nous arrivons maintenant à la laverie. Les matières fines

provenant des cylindres et celles qui sortent des bocards tombent d'abord dans un spitzgerenne *hh*. Les sables qui sortent par les deux premiers trous se déposent, soit dans les schossgerenne *mm*, soit dans les untergerenne *nn*; les matières plus légères qui sont sorties avec les sables par les deux premiers trous, vont au labyrinthe par le canal *pp* et y rejoignent l'übergang du spitzgerenne qui arrive par les canaux *rr*. Les sables déposés dans le schossgerenne sont bien mieux débourbés que ceux qu'on obtient quand on n'a pas de spitzgerenne : ces sables passent à l'aftersetzmaschine dont le travail est ainsi favorisé par le spitzgerenne. L'aftersetzmaschine fournit du kornstuff (grains qui sortent par le tuyau central) dont la teneur est d'environ 70 p. 100 de plomb, du schlieg qui traverse le tamis et qui est très-riche (75 à 80 p. 100), et enfin un übergang qui tombe de lui-même sur un grand abfallgerenne K. Cet abfallgerenne débouche dans le durchlass L du planherd. Les sables déposés sur les gradins de cet abfallgerenne sont traités aux caissons. La suite du travail des produits ainsi obtenus est à très-peu près identique à celle qui est indiquée par M. Rivot. Je me borne donc, sans plus de détails, à renvoyer au tableau ci-joint (page 380).

Les matières qui se déposent dans les unterschossgerenne *nn*, et dans les premières parties du labyrinthe (3) sont traitées, les plus riches directement au stossherd, les suivantes d'abord au trichterherd qui fait un dégrossissage et livre au stossherd des produits à finir. Le trichterherd pourrait parfaitement donner des produits finis; mais, comme je l'ai dit déjà, on préfère ne l'employer qu'au dégrossissage (Roharbeit) et réserver au stossherd le finissage ou Reinarbeit. Le trichterherd ne suffit pas pour alimenter le stossherd de produits dégrossis à finir : c'est pour cela que le stossherd traite directement la partie la plus riche de l'untergerenne.

L'inclinaison du stossherd varie suivant la nature des

matières traitées, mais reste constante pendant toute la durée du travail d'un produit déterminé. Elle varie entre les limites ci-après :

Traitement des sables provenant de la première moitié des untergerenne ; 1" à 2" sur la longueur totale (11').

Traitement des sables de la deuxième moitié de l'untergerenne : 0 à 1/2".

Finissage des produits dégrossis par le trichterherd : 1/2".

Bien qu'en principe les matières extraites des premiers bassins du labyrinthe (3) soient de préférence traitées au trichterherd, la distribution des matières indiquée au tableau ne peut pas être toujours rigoureusement observée et il arrive quelquefois que des matières extraites des bassins 3 vont directement au stossherd. On lui donne alors une inclinaison en sens inverse (Zurückneigung), c'est-à-dire que le pied est plus haut que la tête ; cette contre-inclinaison va jusqu'à 1 1/2" sur la longueur totale (11').

Les matières restées sur la sole du trichterherd sont divisées en deux parties : la première partie (premier abstich) comprend les matières qui se sont déposées sur une largeur de 1', à partir de la circonférence extérieure. Le deuxième abstich comprend tout le reste. Ces deux parties sont traitées de la même manière, mais séparément, au stossherd.

La suite du travail ne me semble plus exiger aucune explication particulière ; le tableau (page 380) suffit parfaitement pour la faire connaître (*). J'ajouterai seulement les deux observations suivantes :

(*) Il n'est sans doute pas nécessaire de faire remarquer, à propos de ce tableau, qu'en faisant embrasser par une même accolade les lignes indiquant les destinations de plusieurs produits, je ne veux pas dire du tout que ces produits seront traités *ensemble*, mais seulement qu'ils subiront un traitement semblable. La première règle de la préparation mécanique est de ne jamais traiter ensemble que des matières parfaitement identiques.

1° Les kehrherds ne présentent que deux ouvertures ; il ne donnent, par suite, outre l'abgang (*), que deux produits : le schlieg qui se dépose dans les bassins γ, et l'unterfass (**) qui se dépose dans les bassins δ et est retravaillé sur les kehrherds.

2° Quelques-unes des matières à retraiter ne sont pas travaillées dans le premier bocard de Clausthal. Ainsi les schlamms des bassins extérieurs *a* et *c* sont lavés dans une laverie de schlamms (Schlämmwäsche) qui ne contient que des kehrherds et qui est située un peu plus bas dans la vallée. Les schlamms des bassins *b* sont lavés sur les kehrherds tournants du deuxième bocard situé en aval du premier.

Personnel. — Un *Steiger* surveille tous les ouvriers et dirige tout le travail. Son salaire est de 5 thalers (18f,75) par semaine (cinq jours de travail).

Les divers appareils occupent vingt-deux ouvriers qui sont pour la plupart de fort jeunes garçons. Voici du reste la liste de ces ouvriers :

Cylindres broyeurs. — Deux chargeurs de seize à vingt ans.

Trommelapparat. — Trois garçons de douze à quatorze ans. Le chargement se fait à la pelle et est à deux étages : il occupe deux chargeurs. Le troisième gamin veille à ce que les canaux de dégagement ne s'obstruent pas et est chargé de tous les autres soins que réclame l'appareil en marche.

Cribles. — Les deux cribles à tamis mobile exigent un ouvrier de dix-huit à vingt ans pour conduire les deux ap-

(*) Matières qui passent sur la table sans s'arrêter et s'écoulent pendant que la table est alimentée d'eau trouble : l'abgang va aux bassins extérieurs *c*.

(**) Matières qui d'abord déposées sont de nouveau entraînées pendant le lavage à l'eau pure et le travail au râble : ces matières sortent par les ouvertures δ.

pareils et enlever le minerai criblé, et un chargeur de dix à douze ans.

Le double crible continu à grenailles occupe le même personnel (un ouvrier de dix-huit à vingt ans et un gamin de dix à douze ans).

Bocard. — Le bocard est desservi par un ouvrier (Nachtpücher) qui ne travaille que de nuit. C'est un homme d'un âge quelconque.

Aftersetzmaschine. — Un chargeur de quatorze ans.

Caissons. — Les trois caissons n'occupent que deux jeunes garçons de seize à dix-huit ans. Le travail des caissons est fort peu actif aujourd'hui, ainsi que j'ai déjà eu occasion de le dire.

Planherd. — Deux garçons de douze à treize ans.

Stossherd. — Un garçon de quatorze à seize ans.

Trichterherd. — Un déchargeur de douze à quatorze ans.

Kehrherds. — Cinq gamins de dix à douze ans.

Il faut ajouter à cette liste :

1° Deux gamins surnuméraires qui remplacent leurs camarades absents.

2° Deux *Bodenarbeiter*. Ces ouvriers sont ainsi nommés parce qu'ils travaillent ordinairement sur le plancher (Boden), c'est-à-dire dans le grenier du bocard. Ils ont à faire toutes les réparations qu'exigent les appareils du bocard et sont employés de plus à construire des appareils neufs. On doit les considérer comme des ouvriers spéciaux : ce sont de véritables menuisiers. Ce sont des hommes d'un âge quelconque. Leur salaire est de 3 à 4 thalers par semaine. L'un des deux porte le titre d'*Oberschlämmer* et supplée au besoin le steiger empêché.

Le personnel du bocard comprend donc en tout vingt-sept personnes.

Dépenses. — Les frais de main-d'œuvre (salaire du steiger compris) sont de 27 à 28 thalers par semaine. On dépense en réparations pendant le même temps 22 à 25 tha-

lers. La dépense totale s'élève donc à 50 thalers environ par semaine, c'est-à-dire pour cinq jours de travail effectif. Pendant ce temps l'atelier traite cinq treiben de walzerz : les frais de préparation mécanique sont donc d'environ 10 thalers par treiben.

Ces conditions sont les conditions ordinaires dans lesquelles travaillent les divers bocards du district de Clausthal. Leur consistance est ordinairement la même, de sorte que chacun d'eux traite à peu près 1 treiben ($7^{mc},5$) par jour. On évalue, en moyenne, dans le district de Clausthal les frais de préparation mécanique aux chiffres suivants :

	PAR TREIBEN.	PAR MÈTRE CUBE.
	thalers.	francs.
Schurerz (Walzerz)	10 à 12	5,00 à 6,00
Pocherz	9 à 10	4,50 à 5,00
Bergerz	7 à 8	3,50 à 4,00

Les dépenses de main-d'œuvre sont en général aux frais d'entretien comme 4 est à 3.

Produits. — Pour terminer, je vais donner la liste des produits bons à fondre livrés par les divers appareils dans le traitement du schurerz provenant de la mine Dorothée.

	PLOMB pour 100.	ARGENT aux 100 kilog
		grammes.
Cribles à tamis mobile : Stufferz des grenailles n° 1	60 à 62	70 à 80
Crible continu : Stufferz — Grenailles n° 2	60 à 62	70 à 80
Crible continu : Stufferz — Grenailles n° 3	64 à 66	90 à 100
Crible continu : Stufferz — Grenailles n° 4	70 à 72	110 à 120
Aftersetzmaschine — Kornstuff	70 à 72	110 à 120
Aftersetzmaschine — Grabenschlieg (*)	74 à 76	120 à 130
Caissons — Grabenschlieg	70 à 72	110 à 120
Stossherd — Untergerennschlieg	70 à 72	110 à 120
Plannenherd — Grobgewaschener schlieg	58 à 60	100
Kehrherds. — Schlämmschlieg	58 à 60	100
Kehrherds. — Schlieg du relavage des schlamms	50 à 52	80

(*) Le schlieg qui traverse le tamis de l'aftersetzmaschine s'appelle grabenschlieg, comme le schlieg le plus riche produit par les caissons. Ce schlieg de l'aftersetzmaschine est le plus riche de tous les produits du premier bocard de Clausthal : sa teneur en plomb s'élève souvent jusqu'à 80 p. 100.

D'après ces chiffres, les schliegs, même extraits des schlamms les plus fins, seraient relativement plus argentifères que les stufferz. Les chiffres ci-dessus ont été relevés sur le registre du steiger ; mais je ne les crois que grossièrement approximatifs en ce qui concerne l'argent.

Les minerais traités au premier bocard de Clausthal sont assez blendeux : les produits livrés à l'usine ne retiennent jamais plus de 3 p. 100 de blende.

Je ne puis donner aucune indication sur les pertes en métaux : on n'a fait au Harz, depuis le séjour de M. Rivot, aucune expérience sur ce sujet.

Description du quatrième bocard de Zellerfeld.

(Pl. XVII, fig. 12.)

La disposition générale de ce bocard est entièrement conforme aux tendances actuelles de la préparation mécanique du Harz : réduire le plus possible la main-d'œuvre, et disposer les divers appareils en cascade, de façon que les matières passent automatiquement de l'un à l'autre. Le quatrième bocard de Zellerfeld peut être regardé comme un véritable modèle en ce genre : il fait pressentir ce que sera le grand bocard actuellement en construction. Le quatrième bocard de Zellerfeld a été mis en activité en 1857 : il a subi depuis lors de légères modifications. La description ci-dessous se rapporte à son état actuel qu'on peut regarder comme définitif (*).

Minerais traités. — Le quatrième bocard de Zellerfeld reçoit trois variétés de minerai provenant surtout de la mine Regenbogen. Les gangues principales sont, dans l'ordre d'importance, le thonschiefer, la grauwacke et le quarz ; pas de calcaire ni de baryte sulfatée. Le minerai ne contient

(*) Voir la note finale (page 421).

que très-peu de pyrite, et pas du tout de blende ; la galène est assez riche en argent (Elle contient, dans le minerai, à peu près 200 grammes d'argent aux 100 kilog.).

Les trois variétés de minerai sont :

1°	Pocherz.	10 à 12 p. 100 de plomb.	
2°	Grubenklein. .	6 à 8 p. 100	—
3°	Bergerz.	2 à 3 p. 100	—

Le Pocherz et le Grubenklein sont bocardés directement sans subir de débourbage. La série complète des opérations pour ces deux variétés est exposée dans le tableau ci-après. Le Bergerz subit à peu près le même traitement : il entre seulement un peu plus tard dans le travail (par le deuxième ou le troisième bocard B' ou D').

L'atelier se divise en deux parties : le bocard proprement dit (Pochhaus) et la laverie (Waschgebäude).

Le Pochhaus renferme :

1° Un premier bocard A, composé de trois batteries à trois flèches avec grilles en treillis à mailles carrées placées à la Hinterwand ;

2° Trois cribles continus pour sables ou Setzmaschinen Σ ;

3° Un deuxième bocard B, B', composé aussi de trois batteries à trois flèches, toujours avec grille à la Hinterwand. Les trois batteries ne sont pas absolument identiques : nous aurons à dire un mot plus loin sur leurs différences.

4° Quatre tables à secousses pour le dégrossissage (Rohstossherds) (S, S') et un Reinstossherd (RS) qui ne diffère du reste en rien des quatre autres stossherds.

5° Un générateur Y qui permet de chauffer, au moyen de la vapeur, toute l'eau nécessaire au travail et de marcher en hiver exactement comme en été.

A cette nomenclature, il faut ajouter une série de canaux, de bassins de dépôt et de trichters qui seront mentionnés plus loin.

Entre le Pochhaus et le Waschgebäude se trouve un passage couvert qui les relie et qui contient deux plannenherds ou tables à toiles P.

Tous les appareils du Pochhaus sont mis en mouvement par une roue en-dessus R de 28′ ($7^{m}.18$) de diamètre et de 4′2″ ($1^{m}.22$) de largeur. Cette roue fait sept à huit tours et dépense 400 pieds cubes (10 mètres cubes) d'eau par minute.

Le Waschgebäude contient :

1° Un bocard de deux batteries à trois flèches (D, D′) ;

2° Une roue élévatrice de 13′ ($3^{m}.80$) de hauteur et de 2′ ($0^{m}.58$) de largeur, faisant quatre à cinq tours par minute (Z) ;

3° Deux Trichterapparats (t, t_1, t_2) composés chacun de neuf trichters ;

4° Quatre Rohstossherds (Stossherds dégrossisseurs) (S_1, S_2) ;

5° Un Reinstossherd R_1S_1 ;

6° Deux Plannenherds P_1, P_2 ;

7° Deux couples de Rundherds, composés chacun d'un Oberherd (F, F_1) et d'un Unterherd (G, G_1) ;

8° Un Rührwerk X (roue à palettes) chargé de mettre en suspension les schlamms destinés au deuxième système de tables tournantes ;

9° Un système de trois tables dormantes ou Kehrherds ordinaires V ;

10° Un système de bassins M, appelés *Schlämmgefässe*, établis à un niveau supérieur de près de trois mètres au sol de la laverie ;

11° Un ensemble de conduits et de bassins de dépôt avec quelques trichters qui seront mentionnés en leur lieu.

Tous les bassins intérieurs creusés dans le sol de l'atelier sont recouverts par des trappes faisant partie du plancher ; on ouvre ces trappes pour enlever les matières déposées dans les bassins, mais elles sont ordinairement fermées et ne gênent en rien la circulation.

Les deux trichterapparats ne sont jamais en activité en même temps : un seul suffit parfaitement aux besoins de l'atelier. On n'en a installé deux que pour n'être pas obligé de chômer dans le cas où le trichterapparat exige quelque réparation.

Chacun des deux trichterapparats se compose de neuf trichters (Pl. XVIII, *fig.* 15); les quatre derniers sont doubles, il y a donc en tout dans chacun des deux appareils quinze trichters simples. Les cinq premiers sont sur une seule ligne, mais les huit autres sont sur deux lignes parallèles. L'übergang du trichter n° 5 se partage entre les trichters 6 et 6′ qui jouent absolument le même rôle. Il en est de même des trichters 7 et 7′, 8 et 8′, 9 et 9′. Par conséquent chaque trichterapparat ne doit être considéré comme composé que de neuf trichters.

Les divers appareils du Waschgebäude sont mis en mouvement par une roue R_1 de 15′ 2″ ($4^m.42$) de diamètre et de 3′ 6″ ($1^m.02$) de large qui fait onze tours par minute en dépensant toute l'eau qui a déjà travaillé sur la première roue, c'est-à-dire 400 pieds cubes (10 mètres) par minute.

Voyons maintenant comment les matières arrivent dans les divers appareils.

Le pocherz (ou le grubenklein) est d'abord bocardé dans le premier bocard A avec une grille à mailles carrées de 2 millimètres de côté : la grille étant à la Hinterwand, c'est-à-dire sur l'un des longs côtés de l'auge, la sole est horizontale (*). La Spurhöhe, c'est-à-dire la distance du bord inférieur de la grille à la sole est de 1 1/2 à 2″ suivant que la galène est plus ou moins disséminée : moins la galène est disséminée dans la gangue, moins il faut broyer fin, moins par conséquent il faut de Spurhöhe. Les flèches du premier bocard ont une levée de 9″ quand elles sont neuves et font seize à dix-sept chutes par minute. Chaque auge

---

(*) Voir page 332.

TABLEAU DE LA PRÉPARATION MÉCANIQUE

AU QUATRIÈME BOCARD DE ZELLERFELD.

- Pocherz ou Grubenklein. — 1er bocard (2^{mm}) — Trichter.
  - Durchfall — Aftersetzmaschine.
    - Stuff.... / Schlieg... — à l'usine.
    - Übergang. (Bergerz). — 2e bocard (1^{mm}) — Trichter..
      - Durchfall — [A] Rohstossherd..
        - Häuptel — [B] Reinstossherd.
          - Grabenschlieg... / Schwänzelschlieg. — à l'usine.
          - Abgang.
            - Sables du bassin spécial U — 3e bocard (1/2^{mm}) [C].
            - Sables fins et schlamms — Trichterapparat [D].
        - Abgang — [H] Plannenherd..
          - Schlieg impur — Reinstossherd [B].
          - Abgang — Trichter..
            - Durchfall — 3e bocard (1/2^{mm}) [C].
            - Übergang — Abfallgerenne.
              - Sables — 3e bocard (1/2^{mm}) [C].
              - Abgang — perdu.
      - Übergang — Trichterapparat [D].
  - Übergang — Trichter.......
    - Durchfall — Rohstossherd [A].
    - Übergang. [joined with Roue élévatrice → —[D] Trichterapparat...]
- Bergerz — 3e bocard (1^{mm})........ / [C] 3e bocard (1/2^{mm}). — Roue élévatrice.........
  - —[D] Trichterapparat...
    - Durchfall.
      - 1.2.. / 3.4.5. — Rohstossherd...
        - Häuptel — [E] Reinstossherd.
          - Grabenschlieg.... / Schwänzelschlieg... — à l'usine.
          - Abgang.
            - Sables du 1er bassin spécial U' — 3e bocard (1/2^{mm}) [C].
            - Schlamms des bassins f — 1er Oberherd [F].
            - Boues fines — perdues.
        - Abgang — Plannenherd..
          - Schlieg impur — Reinstossherd [E].
          - Abgang — perdu.
      - 6.7.8.9......... [joined with 1re moitié → —[F] 1er Oberherd.]
    - Übergang — Schlämmgefässe..
      - 1re moitié. — —[F] 1er Oberherd.
        - Schlieg — à l'usine.
        - Unterfass — Rührwerk — 2e Oberherd [G].
        - Abgang — 1er Unterherd.
          - Schlieg — à l'usine.
          - Unterfass—Rührwerk — 2e Oberherd [G].
          - Abgang — perdu.
      - 2e moitié—[G] 2e Oberherd..........
        - Schlieg — à l'usine.
        - Unterfass — 2e Unterherd.
          - Schlieg impur — 1er Oberherd [F].
          - Unterfass—Rührwerk — 2e Oberherd [G].
          - Abgang — perdu.
        - Abgang — Kehrherds ordinaires..
          - Schlieg — à l'usine.
          - Unterfass-Rührwerk — 2e Oberherd [G].
          - Abgang — perdu

contenant trois flèches, reçoit de trois et demi à quatre pieds cubes d'eau par minute (88 à 100 litres).

Les matières broyées par le premier bocard passent d'abord sur de petits trichters θ : les grains les plus gros ou les plus riches, ces deux circonstances pouvant se compenser mutuellement, sortent seuls par l'orifice inférieur du trichter : les parties plus légères passent par-dessus les bords et se rendent directement, par le canal γ, aux trichters T que nous retrouverons tout à l'heure. Les matières qui sortent par le fond des trichters θ (le durchfall) forment un sable dont les grains ont en moyenne 1 millimètre à 1^{mm},1/2 de diamètre ; ce sable passe aux aftersetzmaschines Σ. Ces cribles continus fournissent deux produits bons à fondre : du Kornstuff qui sort par le tuyau central, et un schlieg (Grabenschlieg) formé par les parties riches qui ont traversé le tamis : ce schlieg se dépose dans des bassins spéciaux (α) où il est conduit par un canal marqué sur le plan de la même lettre α. L'eau qui sort des bassins α se rend au trichterapparat où elle arrive avec d'autres produits qui seront indiqués plus loin.

Les portions les plus pauvres rejetées hors des aftersetzmaschines (l'übergang), se rendent d'elles-mêmes par les canaux δ dans le deuxième bocard dont les deux premières batteries B, B leur sont entièrement consacrées. La troisième batterie B' est affectée au broyage d'une partie du bergerz. Les batteries B et B' ont la même levée de flèches et le même nombre de chutes que les batteries A. La grille, placée à la Hinterwand, est un treillis à mailles carrées de 1 millimètre de côté. La Spurhöhe est la même pour les batteries B que pour les batteries A ; pour B' elle est plus grande : 3'' en moyenne. Chacune des deux auges B reçoit trois et demi pieds cubes d'eau par minute ; B' n'en reçoit que trois pieds cubes. Ainsi B' a une plus grande Spurhöhe et reçoit moins d'eau que B. Il faut qu'il en soit ainsi pour que les produits de trois batteries soient à peu près semblables :

en effet, les matières qui arrivent en B sont déjà assez fines et n'ont pas besoin de rester aussi longtemps soumises à l'action des pilons que celles qui sont chargées en B' et qui sont formées de gros morceaux de bergerz. Les matières sortant des batteries B et B' subissent exactement le même traitement : elles se rendent par les canaux ε dans les trichters T' qui envoient leur durchfall aux deux tables à secousses S'. De la même manière, l'übergang des trichters θ se rend aux deux trichters T qui alimentent les tables à secousses S. Les übergangs des trichters T ou T' vont directement au trichterapparat par les canaux β ou β'. Ces mêmes canaux (β, β') reçoivent aussi les übergangs séparés encore par les nouveaux trichters T_1 et T'_1, qui ne laissent arriver que leur durchfall aux stossherds.

Le travail est identiquement le même sur les tables S et S'. Ce travail fournit : 1° une partie enrichie accumulée sur la tête de l'appareil (Häuptel) ; 2° une partie appauvrie entraînée hors de l'appareil (Abgang). La première partie (Häuptel) est travaillée sur le Reinstossherd RS qui fournit du schlieg bon à fondre et un abgang : ce dernier tombe d'abord dans un bassin U où se déposent des sables qui passeront au troisième bocard D; les parties plus légères sortant du bassin U vont par le canal τ au trichterapparat.

Le schlieg resté sur le Reinstossherd RS est divisé en deux parties : la tête, partie la plus riche, s'appelle grabenschlieg; la deuxième partie (deuxième abstich), notablement plus pauvre, s'appelle schwänzelschlieg. Ces dénominations sont empruntées à l'ancien travail des caissons remplacé ici par celui des stossherds.

Les matières appauvries entraînées hors des tables à secousses S et S' tombent dans les canaux η, η' qui les conduisent d'abord sur deux plannenherds P, P ; sur les toiles de ces plannenherds, on recueille un sable assez riche encore pour être traité au Reinstossherd RS. Les matières qui ne

se déposent pas sur les toiles des plannenherds P sont emmenées par le canal μ et vont passer sur un trichter T_2 dont le durchfall se rend directement par le canal ν dans l'une des batteries D du troisième bocard. L'übergang du trichter T_2 passe sur un abfallgerenne C où l'on recueille encore des sables à bocarder dans la batterie D. Les eaux sortant de l'abfallgerenne C sont regardées comme stériles et vont directement au ruisseau (*).

La batterie D du troisième bocard a sa grille à la Hinterwand : les mailles ont un demi-millimètre de côté ; la Spurhöhe est de 4″. Cette batterie reçoit 2 1/2 pieds cubes d'eau par minute. Dans cette batterie D sont bocardés : 1° les sables déposés dans le bassin U ; 2° le durchfall du trichter T_2 ; 3° les sables de l'abfallgerenne C ; 4° les sables du bassin U_1 dont il sera question tout à l'heure.

La batterie D′ est identique à la batterie B′ et réservée comme cette dernière au bergerz : on broie de préférence en D′ le bergerz le plus pauvre. (D′ : grille 1 millimètre, spurhöhe 3″, 3 pieds cubes d'eau par minute.) Les matières sortant de la batterie D′ sont traitées identiquement comme celles de la batterie D.

Ces matières sont emportées par le courant d'eau, à travers le canal π, vers la roue élévatrice Z qui les remonte au niveau du trichterapparat où elles se rendent directement. On voit que la roue élévatrice Z peut avoir à élever 5 1/2 pieds cubes par minute.

Nous arrivons maintenant au trichterapparat. Cet appareil reçoit : 1° les eaux qui ont déposé le schlieg formant le durchfall des aftersetzmaschines (α) ; — 2° l'abgang du bassin U (τ) ; — 3° les übergangs des trichters T, T_1, T′ et T'_1 (β et β′) ; — 4° les matières provenant du troisième bocard et élevées par la roue élévatrice (π).

(*) On a indiqué sur le plan par la lettre ω tous les canaux qui conduisent directement au ruisseau.

Toutes ces eaux viennent se réunir dans un même conduit (λ) et arrivent ainsi sur celui des deux trichterapparats qui est en activité. Ce trichterapparat étant formé de 9 trichters divise les matières en dix parties : 9 durchfalls et 1 übergang ; mais il n'y a lieu en réalité de distinguer que 3 durchfalls : 1° celui des trichters 1 et 2 (t, t) ; 2° celui des trichters 3, 4 et 5 ($t_1 t_1 t_1$) ; 3° celui des trichters 6, 7, 8 et 9 ($t_2 t_2 t_2 t_2$). Les durchfalls des trichters marqués par des t affectés du même indice sont traités exactement de la même manière.

Le durchfall des deux premiers trichters (t, t) va aux Rohstossherds S_1 ; là on obtient un Häuptel qui passe au Reinstossherd $R_1 S_1$, et un abgang assez pauvre qui passe sur les plannenherds P_1, P_1 dont l'abgang est regardé comme stérile. Sur les toiles des tables P_1, P_1 on recueille un sable riche (ou schlieg très-impur) à traiter au Reinstossherd $R_1 S_1$. Ce Reinstossherd $R_1 S_1$ fournit les mêmes produits que RS : 1° deux variétés de schlieg pour l'usine (grabenschlieg et schwänzelschlieg) ; 2° des sables déposés dans le bassin U_1 qui vont à la batterie D du troisième bocard ; 3° l'abgang de ce bassin U_1 qui traverse les bassins f. Les schlamms déposés dans ces bassins f passent au premier Rotirende-Herd F. L'eau qui sort des bassins f est regardée comme stérile et va au ruisseau.

Le durchfall des trichters 3 à 5 (t_1) va aux Rohstossherds S_2 qui fournissent les mêmes produits que S_1 : Häuptel à travailler au Reinstossherd $R_1 S_1$ et Abgang ou matières entraînées hors de la table : ces dernières sont très-pauvres ; elles passent sur de petites tables à toiles P_2, P_2 de 4' de longueur seulement sur 4' de large qui ne servent guère que de contrôle : le peu de sables encore riches qui s'y dépose est travaillé au Reinstossherd $R_1 S_1$ avec les sables recueillis sur les toiles des plannenherds P_1, P_1. Les eaux qui s'écoulent des plannenherds P_2 vont directement au ruisseau. En résumé, le Reinstossherd $R_1 S_1$ reçoit les Häuptel

des quatre Rohstossherds et les sables riches des quatre Plannenherds de la laverie.

Le durchfall des quatre derniers trichters (6 à 9) (t_2) se rend directement au premier Rotirende-Herd et fournit là les produits qui seront énumérés ci-après.

L'übergang du trichterapparat se rend par des canaux mobiles en bois (non indiqués sur le plan) dans les Schlämmgefässe (M et M'). Les schlamms déposés dans la première moitié M de ce système de bassins passent au premier Rotirende-Herd F. Ce Rotirende-Herd est donc alimenté alternativement :

1° Par le durchfall des trichters t_2 (6 à 9);

2° Par les schlamms des premiers Schlämmgefässe (M);

3° Par les schlamms des bassins *f*;

4° Par le produit le plus riche du deuxième Unterherd (G_2) (*).

L'Oberherd n° 1 (F) donne trois produits :

1° Schlieg bon à fondre;

2° Schlamm à retraiter ou unterfass qui se dépose dans des bassins spéciaux (*e*) et est porté au Rührwerk pour être remis en suspension dans l'eau et passé au deuxième Rotirende-Herd (F_1);

3° Abgang qui passe à l'Unterherd G.

Cet Unterherd G est surtout destiné à contrôler le travail de l'Oberherd et ne devrait, en principe, fournir aucun schlieg; il en fournit toutefois d'ordinaire une petite quantité qui est envoyée à l'usine. L'Unterherd n° 1 fournit aussi un unterfass traité comme celui de l'Oberherd et un abgang abandonné comme stérile.

(*) Ces deux derniers produits sont mis en suspension par le rührwerk et envoyés au premier oberherd F par un canal mobile en bois non représenté sur le plan. Quand le deuxième oberherd F_1 est alimenté par les schlamms des derniers schlämmgefässe, le rührwerk est disponible.

Nous arrivons maintenant au deuxième système de Rundherds couplés. L'Oberherd n° 2 (F_1) reçoit :

1° Les schlamms provenant des deuxièmes Schlämmgefässe (M);

2° Les schlamms remis en suspension au moyen du Rührwerk X. Ces derniers sont : 1° les unterfass des deux Rundherds du premier système, recueillis dans les bassins a et b; — 2° les schlamms déposés dans les bassins extérieurs K et K' dont je parlerai plus loin; — 3° l'unterfass de l'Unterherd (G_1) du deuxième système et celui des kehrherds ainsi que je vais l'expliquer tout à l'heure.

L'Oberherd n° 2 (F_1) donne :

1° Schlieg bon à fondre;

2° Unterfass qui va directement alimenter l'Unterherd G_1;

3° Abgang qui se rend, directement aussi, au système de trois kehrherds.

L'unterfass qui passe sur l'Unterherd G_1 y fournit :

1° Schlieg très-pauvre et très-impur qui va au premier système de Rundherds;

2° Unterfass qui laisse déposer dans les bassins d_1 des schlamms à retraiter au deuxième système de Rundherds;

3° Abgang stérile allant directement au ruisseau.

Les Kehrherds alimentés par l'abgang du deuxième Oberherd (F_1) donnent :

1° Un peu de schlieg pour l'usine;

2° Un unterfass à repasser au deuxième Rotirende-Herd F_1;

3° Un abgang stérile.

Il n'est pas sans intérêt d'examiner la disposition des bassins dans lesquels on recueille soit les schliegs, soit les unterfass des Rundherds et des Kehrherds. Ces bassins sont représentés sur le plan; ils sont, comme je l'ai déjà dit, recouverts de trappes qui font partie du plancher même de l'atelier.

Le schlieg provenant du premier Oberherd se dépose

dans les bassins *a*, *a*... : l'eau qui l'a laissé déposer passe ensuite dans les bassins a_1... où arrive le schlieg du premier Unterherd et de là dans les bassins *b* où se rend directement l'unterfass de ce même premier Unterherd : de là le liquide se rend dans quatre bassins extérieurs K qui fournissent des schlamms à traiter au deuxième système de Rundherds. L'unterfass du premier Oberherd se dépose dans les bassins *c* qui ne communiquent avec aucun autre et se déchargent directement dans la rivière. Le schlieg du deuxième Oberherd se rend dans les bassins *a'*... communiquant avec les bassins *a''*.. où arrive le schlieg des kehrherds. Le schlieg impur du deuxième Unterherd se dépose dans les bassins *d*, qui communiquent avec les bassins d_1 où se rend directement l'unterfass de ce même Unterherd : des bassins d_1 l'eau coule directement au ruisseau. L'unterfass des kehrherds est reçu dans les bassins *b'* qui communiquent directement avec le ruisseau.

Le liquide sortant des schlämmgefässe se rend d'abord dans deux grands bassins de dépôt K' et de là à la rivière. Les schlamms extraits des bassins K' sont traités au deuxième système de Rundherds. Le liquide sortant des schlämmgefässe est quelquefois employé comme eau de bocardage pour le troisième bocard DD' qui reçoit son eau par le canal ξ.

Observations particulières sur divers appareils. — Je ne reviendrai pas ici sur les avantages de la nouvelle disposition des *bocards* : je renvoie à ce que j'en ai dit plus haut (page 332).

Une des choses qui méritent le plus de fixer l'attention dans le quatrième bocard de Zellerfeld, c'est le grand et excellent parti qu'on a tiré des *trichters*. Ces appareils si simples sont presque les plus importants de l'atelier : c'est grâce à eux que le travail peut être continu et automatique comme il l'est ; sans eux, on ne pourrait séparer les sables des schlamms que par un débourbage dans un canal ou

bassin, travail qui exigerait une certaine main-d'œuvre et serait essentiellement discontinu.

Tous les trichters qui alimentent directement des tables à secousses (trichters T_1, T_1' du Pochhaus et trichters 1 à 5 du trichterapparat) présentent une disposition particulière dont j'ai déjà dit un mot, mais sur laquelle je dois insister ici (Pl. XVIII, *fig.* 4). Pour tous ces trichters il est nécessaire d'éviter avec le plus grand soin qu'aucune partie des schlamms fins ne sorte par l'orifice inférieur : toutes les parties fines, quelle que fût leur richesse, se perdraient infailliblement au stossherd. Pour être bien certain que les sables traversent seuls le trichter et que les schlamms restent entièrement dans l'übergang, on fait arriver près de la pointe *b* du trichter un courant d'eau assez rapide amené par un tuyau spécial *c* : ce tuyau *c* débite par son orifice *a* plus d'eau que l'orifice *b* du trichter : il règne donc dans le trichter un courant ascendant et les matières qui forment le durchfall ont dû traverser ce courant en sens inverse : elles sont par suite parfaitement débourbées et ne contiennent pas le moindre schlamm.

Dans les trichters (t_1) nos 1 à 5 du trichterapparat qui ont environ 2' de profondeur, l'eau amenée par le tube *c* sort en *a* sous une charge de 6'. L'orifice *a* a 7''' (14 millimètres) de diamètre; l'orifice *b* du trichter 6''' (12 millimètres) seulement. La distance de l'orifice *a* à l'orifice *b* est de 3/4'' à 1''.

Dans le Pochaus où les trichters sont moins profonds, les tubes *c* amènent de l'eau sous une charge de 4'.

On a donné, page 361, les dimensions et le poids des deux modèles de stossherds. Voici les autres données numériques relatives à ces appareils :

		NOMBRE de secousses par minute.	AMPLITUDE des secousses.
Stossherds du Pochhaus	S, S′ et RS.	90 à 100	2″
Stossherds de la laverie	S_1	70 à 75	1 1/2″
	S_2	60 à 65	1″
	$R_1 S_1$	75 à 80	1 3/4″

L'inclinaison des stossherds varie peu et ne change jamais de sens : elle est ordinairement de 1″ à 1 1/2″ sur la longueur totale (10′ ou 11′).

Les rundherds ont les dimensions ordinaires : 18′ de diamètre pour l'oberherd et 16′ pour l'unterherd. L'inclinaison est de 1″ par pied (1 douzième) inclinaison habituelle des kehrherds.

Les oberherds font un tour en 5 minutes, les unterherds en 3 1/2 minutes. Les systèmes de rables et brosses A et B (Pl. XVIII, *fig.* 2) font 20 oscillations par minutes. Les brosses G qui balaient le schlieg en font 18.

Les schlämmgefässe forment deux systèmes (M et M′) divisés chacun en deux moitiés symétriques par les canaux *mm* situés au-dessous du niveau du fond des schlämmgefässe. Tous ces bassins (Pl. XVIII, *fig.* 10) ont leur fond incliné vers le canal qui règne au milieu de chacun des deux systèmes, c'est-à-dire de M_2 vers M_1 : la profondeur en M_1 ou M'_1 est de 19″, en M_2 ou M'_2 de 15″. Les cloisons qui limitent les schlämmgefässe du côté des canaux de décharge vers les rundherds (*m*) sont percées de trois trous superposés de 1 1/2″ de diamètre. On fait arriver à la partie supérieure du schlämmgefass à vider un courant d'eau un peu rapide, apporté par un canal mobile en bois. Ce courant d'eau balaie le bassin et met en suspension les matières. On débouche successivement les trois trous, dont le dernier est juste au niveau du fond. Le bassin est ainsi

complétement vidé et tous les schlamms qu'il contenait sont conduits par le canal *mm* au Rotirende-Herd.

On a habilement profité des différences naturelles de niveau pour installer les divers appareils en cascade. Le sol du pochhaus est taillé en gradins. Sur le plus élevé est établie la première batterie de bocards A; sur le deuxième (2'9" = 0m,80 plus bas) se trouve la deuxième batterie B; enfin sur le troisième (6'9" = 1m,97 au-dessous du second) sont établis les stossherds. Le sol de la laverie est à 14' = 4m,09 au-dessous du dernier gradin du bocard.

Quantité de minerai traitée. — En une semaine on bocarde au premier bocard A 13 à 14 treiben de minerai (98 à 105 mètres cubes). Le travail marche jour et nuit : il n'y a de suspendu pendant la nuit que le travail des trois kehrherds ordinaires. Tous les autres appareils marchent aussi bien la nuit que le jour.

Le quatrième bocard de Zellerfeld peut traiter par an plus de 700 treiben (5 250 mètres cubes) de minerai. Ce chiffre n'est pas toujours atteint à cause du manque d'eau pendant l'été, mais il a été dépassé en 1860-61. (Les campagnes sont comptées du 1er juillet au 30 juin de l'année suivante.)

Voici le tableau des matières traitées pendant les campagnes 1860-61 et 1864-65.

Campagne **1860-61.** — ***Minerais traités au 4e bocard de Zellerfeld.***

TRIMESTRES.	PROVENANCE DES MINERAIS.						TOTAL.	
	Regenbogen.		Ring-und Silberschnur		Dorothée.			
	treiben.	ton.						
Crucis 1860.	173	5	1	30	»		174	35
Luciæ 1860.	91	8	100	37	»		192	5
Reminiscere 1861. .	44	7	26	37	125	33	196	37
Trinität 1861.	129	14	23	10	»		152	24
	437	34	152	34	125	33	716	21
On a obtenu :	rost (*).							
Schlieg.	135,1		29,9		26,4		191,4	

(*) 1 rost — 36 centner — 1800 k.

Campagne **1864-65.** — ***Minerais traités.***

TRIMESTRES.	PROVENANCE DES MINERAIS.				TOTAL.	
	Regenbogen.		Margarethe.			
	treiben.	ton.				
Crucis 1864.	21	10	94	2	115	12
Luciæ 1864.	100	2	19	8	119	10
Reminiscere 1865.	71	31	»		71	31
Trinität 1865.	63	18	»		63	18
	256	21	113	10	369	31
	rost.					
Schlieg obtenu.	83,3		22,3		105,6	

On voit que le manque d'eau en 1864-65 a réduit la production presque à la moitié de ce qu'elle avait été en 1860-61.

Le rendement a été pour les deux campagnes :

1860-61 1 rost de schlieg pour 3 treiben 9 tonnes 86/135 de minerai
ou 1.000 kilog. de schlieg pour 13m.c.,5

1864-65 1 rost de schlieg pour 3 treiben 4 tonnes 1/4 de minerai
ou 1000 kilog. de schlieg pour 12m.c.,9

La teneur des schliegs a été à peu près la même pour les deux campagnes : en moyenne 60 à 65 p. 100 de plomb et 100 à 120 grammes d'argent aux 100 kilogrammes.

Voici, comme exemple, les teneurs des divers produits bons à fondre fournis par du pocherz de la mine Regenbogen :

		PLOMB pour 100.	ARGENT aux 100 kilog.
			grammes.
Aftersetzmaschine.	Kornstuff (grenailles de 1 à 2mm)	36 à 40	60 à 80
	Grabenschlieg	60 à 65	100 à 120
Reinstossherd.	1re partie (tête) Grabenschlieg	70 à 75	140 à 150
	2e partie (Mittelstich) Schwänzelschlieg	45 à 50	90 à 100
1er système de Rundherds.	Oberherd — Schlieg	66 à 68	100 à 120
	Unterherd — Schlieg	36 à 40	80 à 90
2e système de Rundherds.	Oberherd — Schlieg	60 à 64	90 à 100
Kehrherds	Schlieg	40	80 à 90

Ces nombres sont extraits des registres du steiger, mais je ne les crois, du moins en ce qui concerne l'argent, que très-grossièrement approximatifs.

Personnel. — Le personnel comprend :

1° Un steiger.

2° Trois bodenarbeiter : deux d'entre eux seulement travaillent pendant le jour aux diverses réparations à faire : le troisième fait le service de surveillant de nuit. Tous trois sont oberschlämmer ; ils font alternativement le service de nuit.

3° Le pochhaus exige un ouvrier pour les bocards et un pour les stossherds pendant le jour et autant pendant la nuit (quatre ouvriers en tout).

4° La laverie occupe huit ouvriers divisés de même en deux postes : chaque poste se compose de un ouvrier pour le bocardage, un pour les stossherds, deux pour les rundherds. Il faut ajouter un gamin pour les trois kehrherds qui ne fonctionnent que de jour et deux *erzläufer* qui amènent le minerai dans les wagons ou chiens de mine.

Le personnel comprend donc en tout dix-neuf personnes : un steiger, sept hommes, dix jeunes garçons de quatorze à dix-huit ans et un gamin de dix à douze. La dépense totale de main-d'œuvre est d'environ 30 thalers par semaine (y compris le salaire du steiger).

Les frais d'entretien doivent être comptés comme au moins égaux aux dépenses de main-d'œuvre. On ne peut guère fixer encore les frais de réparations, parce que les appareils sont, relativement, tout neufs ; ces frais ne sont pas jusqu'ici très-considérables, mais ils augmenteront sans doute notablement dans l'avenir.

La préparation mécanique de 1 treiben de minerai au quatrième bocard de Zellerfeld revient, tout compté, à un prix presque supérieur à ce qu'elle coûterait dans les bocards du district de Clausthal. Une des principales dépenses au quatrième bocard de Zellerfeld est l'intérêt du capital d'établissement. Ce bocard est installé avec un véritable luxe qui contraste avec la rusticité des anciens ateliers. Il n'a pas coûté moins de 40 000 thalers (150 000 francs), y compris les travaux accessoires : chemins de fer, conduites d'eau, etc. L'intérêt à 5 p. 100 du capital représente au moins 3 thalers par treiben, et bien davantage lorsque, comme en 1864-65, le manque d'eau diminue beaucoup la production.

On n'a fait jusqu'ici aucune étude sur les pertes en métaux : elles doivent être fort considérables, l'état de dissémination de la galène dans la gangue exigeant qu'on commence par soumettre le minerai à un bocardage fin avec grille de 2 millimètres seulement. Sans l'aftersetzmaschine, le travail serait exclusivement un travail de laverie sur des tables à secousses ou dormantes. Il ne faut pas voir là un sujet de critique contre l'organisation du quatrième bocard de Zellerfeld. Le minerai qu'on y traite est, je le répète, tellement disséminé dans la gangue, qu'il serait impossible, après un broyage grossier aux cylindres ou un bocardage

gros, d'obtenir au crible des grenailles bonnes à fondre : c'est ce que montre bien la teneur du kornstuff de l'aftersetzmaschine. Il faut nécessairement soumettre tout d'abord le minerai à un bocardage qui réduise toute la matière en grains d'un diamètre inférieur à 2 millimètres.

Atelier de Bergwerkswohlfahrt.

Cet atelier choisi comme type par M. Rivot a été assez profondément modifié. Je n'ai point toutefois l'intention de le décrire en détail, car je ne pourrais le faire qu'à la condition de répéter un grand nombre de choses que j'ai dejà exposées. Je me bornerai à signaler quelques particularités qui m'ont paru dignes d'intérêt.

Le travail du cassage et triage et du scheidage ne donne lieu à aucune observation particulière. Il en est de même de l'installation des cylindres et des batteries de bocard. Ces dernières sont construites sur l'ancien modèle (grille au petit côté [an der kurzen Wand]). Les grenailles fournies par les cylindres sont classées au moyen d'un trommelapparat tout-à-fait semblable à celui du premier bocard de Clausthal.

Pour le lavage et le classement du grubenklein, on emploie un waschtrommelapparat à peu près identique à celui que j'ai décrit [p. 334]. Il se compose d'un gros trommel laveur et de trois trommels classeurs (le dernier trommel classeur présente deux systèmes d'ouvertures). Les refus du gros trommel vont à une table de klaubage : la distribution des morceaux aux klaubeurs se produit mécaniquement au moyen de la disposition déjà décrite : une couronne tournante porte des caisses qui viennent se remplir en passant sous le tuyau qui amène les refus du gros trommel, puis circulent nécessairement devant les divers klaubeurs : chacun d'eux n'a qu'à étendre la main pour vider devant lui le contenu de la caisse qui passe et renouveler sa provision

de matière à klauber. La table de klaubage proprement dite est fixe : elle est circulaire et recouverte par une grille en fonte à ouvertures carrées de 5/4" = 0m,030 de côté.

Le gros trommel laveur est hexagonal; il est formé de plaques minces de fonte qui présentent deux séries de trous ayant respectivement 3/4" et 1" de diamètre. Les trois trommels classeurs sont en treillis à mailles carrées ayant respectivement pour côté :

Premier trommel		3/8"	(0m.009)
Deuxième trommel		3/16"	(0m.0045)
Troisième trommel	1re moitié	1/2mm	
	2e moitié	2mm	

Les refus de ces trois trommels forment trois numéros de grenailles à traiter aux cribles ordinaires ou continus. Un quatrième numéro de grenailles à cribler est formé par les morceaux qui ont traversé les dernières ouvertures (1") du gros trommel laveur; enfin un cinquième numéro est encore formé par les morceaux qui, refusés par le gros trommel, traversent la table de klaubage (morceaux de 1" à 5/4"). Les matières admises par la maille de 1/2 millimètre vont sur de petites tables à secousses que contient l'atelier de bocardage et criblage (pochhaus). (Il n'y a pas de table à secousses dans la laverie.) Les matières refusées par la maille de 1/2 millimètre et admises par celle de 2 millimètres vont à l'aftersetzmaschine.

J'ai remarqué dans l'atelier des cribles une espèce de crible continu fort grossier qui sert à diviser en deux catégories des morceaux assez pauvres ayant de 3/4" à 5/4" de diamètre.

Le croquis Pl. XVIII, *fig.* 11 (*) fait immédiatement com-

(*) Dimensions principales :

$\alpha\beta = 4'$	$mn = 11''$
$\beta\gamma = \delta\varepsilon = 1\ 1/2'$	$nt = 2''$
$\gamma\delta = 3'$	$pq = 4''$
	$rs = 6''$

prendre le jeu de cet appareil : les matières chargées par une trémie T, tombent dans une caisse rectangulaire A, dont le fond est formé par un tamis fixe à mailles carrées de 3/8" de côté. Un piston latéral soulève à chacune de ses oscillations l'eau contenue dans l'appareil et une partie des matières accumulées sur le tamis sont, à chaque coup de piston, rejetées hors de la caisse A par dessus les arêtes B et C des parois latérales. Mais grâce à une cloison D qui pénètre jusqu'à 2" de distance du tamis, les fragments qui arrivent en B ont dû d'abord descendre à une très-faible distance du tamis pour passer par dessous cette cloison : ils sont nécessairement plus riches que ceux qui sortent en C. Aussi obtient-on en B du pocherz et en C du bergerz. Cet appareil quoique très-grossier fonctionne très-bien et fournit de bons résultats.

Le piston donne cinquante-cinq secousses par minute. En dix heures on peut traiter 1 treiben ($7^{mc},5$) de minerai.

La préparation mécanique des minerais de Bergwerkswohlfahrt est rendue très-difficile par la présence de la baryte sulfatée, gangue dominante. Le stufferz obtenu par le criblage des grenailles contient toujours des morceaux de baryte absolument stériles. Ce stufferz est soumis à un klaubage (triage à la main) tant que ses dimensions le permettent. Nous avons vu faire ce travail de klaubage sur des stufferz en grenailles de moins de 1 demi-centimètre de diamètre.

Le traitement des sables et schlamms à l'atelier de Bergwerkswohlfahrt ne diffère pas essentiellement de ce qu'il est dans les bocards de Clausthal. Toutefois on ne peut manquer d'être frappé, dès le premier abord, du rôle inusité qu'on fait jouer aux caissons (Schlämmgräben). Les caissons sont entièrement réformés en ce qui touche le traitement des sables provenant du bocardage : ces sables sont tous traités à l'aftersetzmaschine. On ne fait que deux catégories dans les matières bocardées : ce qui

n'est pas traité à l'aftersetzmaschine va aux tables dormantes. La laverie de Bergwerkswohlfahrt contient quatre aftersetzmaschines (*) : les übergangs de ces quatre appareils passent sur deux abfallgerennes dont chacun est alimenté par deux aftersetzmaschines. Ces deux abfallgerennes vont déboucher directement sur les têtes de deux plannenherds. Le schlieg obtenu sur les toiles de ces plannenherds et celui qui forme le durchfall des aftersetzmaschines sont encore trop impurs pour être livrés à l'usine; on les soumet à un raffinage ou finissage (Reinarbeit) sur trois caissons ordinaires qui ne servent plus qu'à cet usage. Cet emploi du caisson comme appareil exclusivement finisseur se retrouve à Hülfe Gottes où la gangue dominante est aussi la baryte; il donne des résultats excellents. On conçoit très-bien que le caisson soit en effet fort propre à ce travail; toutefois, je le répète, on est au premier abord un peu surpris de trouver employé exclusivement à un travail de finissage le caisson qu'on est plutôt habitué à regarder comme un appareil dégrossisseur fournissant surtout des sables préparés pour le travail du planherd.

Outre les quatre aftersetzmaschines, les deux abfallgerennes, les deux plannenherds (**) et les trois caissons déjà mentionnés, la laverie contient deux kehrherds ordinaires et un système de rotirende-herds (modèle nº 1) composé de trois de ces appareils : un oberherd et deux unterherds. Chacun des deux unterherds reçoit la moitié du liquide trouble qui tombe de l'oberherd : le premier reçoit l'abgang, le second l'unterfass. L'oberherd seul donne du schlieg bon à fondre. Les deux unterherds ne fournissent qu'un schlieg impur qui doit nécessairement repasser à

(*) Ces quatre aftersetzmaschines travaillent séparément et ne sont pas en cascade, comme celles du premier bocard de Lautenthal. (Voir ci-après, page 413).

(**) Ce sont de simples plannenherds et non des planherds (tables à toile, sans durchlass ni abfallgerenne spécial).

l'oberherd. Celui des deux unterherds qui reçoit l'abgang de l'oberherd devrait même en principe ne fournir aucun schlieg et ne servir qu'à contrôler le travail de l'oberherd.

Bocards de Lautenthal.

L'intérêt particulier des bocards de Lautenthal tient à la blende qui se trouve en proportion considérable dans les minerais que ces ateliers ont à traiter. A Clausthal, on obtient dans les opérations à la main (cassage et triage, scheidage, klaubage) une certaine quantité de blende en morceaux, mais toute la blende qui entre dans la préparation mécanique proprement dite, est perdue. Il n'en est pas de même à Lautenthal, où l'on obtient de la blende en schlieg. Cette blende, en schlieg ou en morceaux, de Clausthal ou de Lautenthal, est vendue aux usines de Westphalie : on n'a pu jusqu'ici l'utiliser sur place et il n'y a guère à espérer qu'on y parvienne jamais, car le Harz ne possède ni combustibles minéraux ni bonnes terres réfractaires, les deux conditions fondamentales de la métallurgie du zinc.

L'élimination de la blende par la préparation mécanique a atteint à Lautenthal une perfection remarquable. Aussi le traitement métallurgique de Lautenthal ne diffère-t-il plus actuellement que fort peu de celui des autres usines de l'Oberharz (*).

(*) Autrefois, quand la proportion de blende était très-forte, on se servait, à Lautenthal, pour la fonte des schliegs, de fours beaucoup plus bas et notablement plus larges que ceux qu'on employait à Clausthal. Grâce à la faible hauteur, on évitait qu'une proportion un peu forte de blende fût décomposée : il ne pouvait se former qu'une faible quantité de vapeurs de zinc qui, en raison de leur peu d'abondance, étaient facilement entraînées hors du four par le courant gazeux. Malgré cela, il se formait toujours des dépôts zincifères, et c'était pour pouvoir, malgré eux, arriver à une durée convena-

Trois ateliers sont actuellement en activité à Lautenthal ; ils portent les n°s 1, 3 et 4. Aucun d'eux ne contient de tables à secousses. Cet appareil est pour le moment complétement abandonné à Lautenthal.

Le premier atelier de Lautenthal est assez bien installé : la laverie est presque toute neuve. Les troisième et quatrième ateliers sont dans de vieux bâtiments assez délabrés : ils vont prochainement être démolis et remplacés par un nouvel atelier dont la construction est déjà fort avancée.

Premier bocard de Lautenthal.

Cet atelier traite des minerais très-blendeux des qualités Schurerz, Pocherz et Bergerz et des menus de mine (Grubenklein) provenant surtout des mines Schwarze-Grube et Massen.

Le premier bocard de Lautenthal contient :

1° Un appareil de lavage et classement à rätters (rätterwäsche) et huit cribles ;

2° Une batterie de neuf flèches de bocard, un separa-

---

ble des campagnes qu'on employait des fours plus larges. Ces fours, plus bas et plus larges, avaient l'inconvénient d'occasionner une plus grande dépense de combustible et de favoriser la perte de plomb par volatilisation. Aussi, dès que la préparation mécanique commença à livrer des schliegs moins blendeux, fit-on des essais comparatifs sur les anciens fours de 14' de haut et sur des fours ayant comme ceux de Clausthal 18 à 20'. Ces derniers fours marchèrent très-bien, diminuèrent, comme on l'avait prévu, la perte en plomb et la consommation de combustible. En 1855, on adopta définitivement un profil à peu près identique à celui des fours à schlieg de Clausthal : la largeur au gueulard est seulement un peu moindre (1' 10" au lieu de 2'), et la hauteur un peu plus considérable (23' 4" au lieu de 20'). Les fours de Lautenthal sont donc aujourd'hui un peu plus hauts et un peu plus étroits que ceux de Clausthal. L'influence de la blende se retrouve malheureusement dans la durée des campagnes, qui à Lautenthal n'est guère que de cinq semaines, tandis qu'à Clausthal elle atteint et dépasse même douze semaines.

tionsrätter et trois cribles, un trommel fin et deux cribles;

3° Quatre caissons, quatre aftersetzmaschines continues, trois cribles fins, un plannenherd, six kehrherds ordinaires, un kehrherd à blende avec un petit trommel, un crible fin à bras.

Tous les cribles, sauf les aftersetzmaschines, sont discontinus : ce sont des cribles à tamis mobile semblables à ceux qui proviennent de la transformation des cribles à piston inférieur. Le dernier crible indiqué (crible fin à bras) est un crible à cuve ancien système : il n'est employé, comme on le verra, que pour des sables assez fins, et on sait que les anciens cribles à cuve donnaient, pour les matières fines, des résultats très-satisfaisants.

Le travail de cassage et triage présente à Lautenthal une certaine complication parce que les minerais sont à la fois blendeux, pyriteux et galénifères.

Dans la séparation des wände du grubenklein, on divise les wände en trois catégories, d'après le métal dominant. Nous aurons donc à examiner le traitement de quatre catégories de matières : 1° Wände blendeux (A); 2° Wände de galène (B) ; 3° Wände pyriteux (C) (*); 4° Grubenklein (D).

A. *Wände blendeux*. Ces morceaux sont soumis au cassage et triage (avec scheidage pour berg) : on obtient ; (α) Stufferz de blende; (β) Scheidestufferz blendeux; (γ) Schurerz de blende sans galène; (γ') Schurerz de blende et galène; (δ) Pocherz de blende sans galène; (δ') Pocherz de blende et galène ; (ε) Bergerz de blende sans galène ; (ε') Bergerz de blende et galène; (ζ) Berg ou stérile. (Neuf catégories en tout.)

(α) La blende massive est vendue.

(β) Le scheidestufferz blendeux va au banc du scheidage et donne une certaine proportion de toutes les variétés énumérées ci-dessus.

(*) Pyrite de cuivre.

(γ) et (γ'). Les schurers blendeux, avec ou sans galène, sont traités de la même manière, mais séparément bien entendu (*). Ils passent d'abord au bocardage gros [Rösches Pochen] (l'atelier n'a pas de cylindres broyeurs). Pour le Rösches Pochen, la sole est horizontale, la grille est à la Hinterwand ; elle est fermée de barreaux verticaux distants de 3/8" (9 millimètres). Les matières bocardées sont divisées au moyen d'un separationsrätter en trois classes : nº 1 grenailles de 3/16" à 3/8" ; nº 2 grenailles de 3/32" à 3/16" ; nº 3 matières plus petites que 3/32". Les deux numéros de grenailles sont traités sur des cribles à tamis mobile qui fournissent comme produits, suivant les cas : grenailles de galène ou grenailles de blende à fondre ou à vendre, et pochers blendeux avec ou sans galène. Ce dernier produit est soumis au bocardage moyen comme les variétés (δ) et (δ') [Voir ci-après]. Les matières plus petites que 3/32" passent au sortir du separationsrätter dans un petit trommel à mailles carrées de 1mm,1/2 de côté : les refus de ce trommel sont traités sur des cribles à tamis mobile. Les matières fines qui le traversent vont à la laverie. Le travail de la laverie diffère un peu soit du travail indiqué dans les tableaux de M. Rivot, soit de celui que j'ai décrit pour le premier bocard de Clausthal. Au premier bocard de Lauthenthal, on retrouve en tête du travail de la laverie, pour le traitement des premiers sables, les caissons ou Schlämmgräben. Quatre aftersetzmaschines fonctionnent dans la laverie, mais n'occupent pas, dans la suite du travail, la même place qu'au premier bocard de Clausthal. Les sables traités aux caissons donnent : 1º un schlieg impur de galène qu'on retraite au caisson même jusqu'à ce qu'il soit livrable à l'usine ; 2º des matières sorties du caisson (Abgang) dont la partie la plus grosse et la

(*) Dans ce qui suit nous considérons spécialement le cas le plus compliqué, celui du schurerz contenant à la fois blende et galène.

plus riche se dépose dans les bassins spéciaux des caissons, la partie la plus légère étant emportée dans le labyrinthe. La première partie de l'abgang des caissons (sables des bassins spéciaux) est traitée par un système de quatre aftersetzmaschines disposées en cascade de manière que chacune d'elles reçoit l'übergang de la précédente (disposition analogue à celle de la graupensetzmaschine) ; ces quatre aftersetzmaschines ont des tamis à mailles de un demi-millimètre ; l'amplitude des secousses est de 3/8'', le nombre est de 130 à 140 par minute. Chacune des quatre aftersetzmaschines donne trois produits : 1° un durchfall (matière qui a traversé le tamis) ; 2° des grenailles de 1/2mm à 1 1/2mm qui ne traversent pas le tamis et sortent par le tuyau spécial ; 3° un übergang.

Le durchfall de la première est de la blende presque pure : les durchfalls des trois autres sont de plus en plus pauvres, mais sont toujours surtout blendeux : toutes ces matières vont au blendekehrherd, ou kehrherd à blende dont je parlerai tout à l'heure.

Les grenailles fines des aftersetzmaschines sont retraitées sur trois cribles fins à tamis mobile, placés dans la laverie.

L'übergang de chacune des aftersetzmaschines va à la suivante ; celui de la dernière est formé de matières assez pauvres et assez fines pour qu'on le fasse passer immédiatement sur un plannenherd sans intercalation d'abfallgerenne. Sur les toiles de ce plannenherd on obtient des sables enrichis qui retournent aux caissons. Les schlamms non arrêtés par les toiles vont au labyrinthe dont les dépôts sont traités aux kehrherds.

Le blendekehrherd est une table dormante, qui ne diffère des autres que par une plus grande longueur : l'inclinaison est la même, 1'' par pied. Au-dessus de la tête de ce kehrherd est un trommel, à mailles de un millimètre, que les matières doivent traverser avant d'arriver sur le

kehrherd. Les refus de ce trommel sont traités sur un crible fin à cuve, mû à bras d'homme.

Le blendekehrherd traite, comme on l'a vu, les durchfalls des quatre aftersetzmaschines. Il donne comme produits : 1° un schlieg impur de galène à retraiter sur les kehrherds ordinaires ; 2° un schlieg de blende bon à vendre.

Les six kehrherds ordinaires présentent trois ouvertures de manière à faire trois catégories (outre l'abgang) à chaque opération. Par des traitements réitérés on arrive à obtenir comme produit n° 1 de la galène presque pure, et comme mittelfass de la blende bonne à vendre.

(δ) et (δ'), (ε) et (ε'). Ces quatre variétés (deux pocherz et deux bergerz) fournies soit par le cassage, soit par le scheidage des wände blendeux, sont soumises, séparément bien entendu, au bocardage moyen (sole inclinée, grille au petit côté [an der kurzen Wand], mailles de deux millimètres). Les matières sortant du bocard passent dans le trommel de 1mm,1/2 déjà mentionné. Les refus vont aux cribles fins, à tamis mobile ; les matières qui traversent subissent le travail de la laverie déjà exposé.

B. *Wände de galène.* — Par le cassage et triage, suivi d'un scheidage du scheidestufferz, on obtient : stufferz, schurerz, pocherz, bergerz et berg. Le premier va à l'usine. Les trois produits suivants sont soumis au bocardage, savoir : le schurerz au bocardage gros, le pocherz et le bergerz au bocardage moyen [2mm]. La suite du traitement comme ci-dessus, sauf que, comme à Clausthal, on n'obtient plus de blende à vendre.

C. *Wände pyriteux.* — Par cassage et triage on obtient :

(α) Stufferz de pyrite cuivreuse qui va à l'usine.

(β) Scheidestufferz qui va au banc de scheidage.

(γ) (*) Pocherz et bergerz pyriteux avec ou sans blende et galène.

(*) Il n'y a pas de schurerz pyriteux ; un minerai qui renferme 2 à 30 p. 100 de pyrite cuivreuse est bon à fondre.

(δ) Berg.

(β) Le scheidestufferz donne par scheidage du stufferz pyriteux pour l'usine et une certaine quantité des diverses variétés réunies sous la lettre γ.

(γ) Les pocherz et bergerz contenant pyrite et galène, mais peu blendeux, sont traités comme les minerais de galène seule. La pyrite cuivreuse et la galène sont obtenues ensemble : on n'essaye pas d'en faire la séparation par la préparation mécanique. La séparation du plomb et du cuivre se fait dans le traitement métallurgique, le cuivre se condensant dans les mattes successives qui finissent par être de véritables mattes de cuivre. Les pocherz et bergerz pyriteux contenant beaucoup de blende et provenant soit du cassage et triage, soit du scheidage, sont soumis à un nouveau scheidage destiné à éliminer la blende le plus possible, puis ils sont bocardés, bocardage moyen, et traités comme ci-dessus.

D. *Grubenklein.* — Le grubenklein est d'abord traité par une rätterwäsche ordinaire dont les refus sont, comme d'habitude, soumis au klaubage. Ce klaubage donne un grand nombre de variétés : stufferz de galène, stufferz de blende, un peu de stufferz pyriteux ; scheidestufferz de blende, de galène, de pyrite ; schurerz de galène, schurerz de blende avec ou sans galène : pocherz et bergerz de galène, de blende, ou de blende et galène ; pocherz et bergerz pyriteux ; berg. Le traitement de ces diverses variétés se fait comme il a été dit plus haut.

Projet du nouveau grand bocard de Clausthal.

Ce grand atelier doit supprimer les onze ateliers (bocards n°s 1 à 10 et laverie de schlamms) échelonnés dans la vallée de Clausthal au-dessus de son confluent avec la vallée de Zellerfeld. Le nouveau grand bocard fera plus que remplacer les ateliers qu'il doit faire disparaître, car il traitera

annuellement au moins 5000 treiben de minerai, tandis que les ateliers qu'il supprime ne traitent que 1500 à 2000 treiben.

Le grand bocard se composera de quatre parties ou étages échelonnés de telle sorte que les matières n'aient en général qu'à descendre à mesure qu'elles suivront la série des opérations. Je vais indiquer brièvement les dispositions principales arrêtées dans le projet.

Premier étage. — Le premier étage se compose de quatre bâtiments contigus (Pl. XVIII, *fig.* 16). Le bâtiment n° 1 contiendra des trommels laveurs et classeurs; le n° 2 des cylindres à broyer gros ou cylindres concasseurs (Röschwalzwerk); le n° 3 un atelier de klaubage et huit cribles; le n° 4 sera un atelier de scheidage.

Des haldes arriveront séparément, au moyen d'un chemin de fer, les wände et le grubenklein. Ce dernier sera versé directement des wagons dans de grandes trémies d'où il passera dans des trommels auxquels il sera distribué régulièrement par de petites roues à palettes placées au fond des trémies. Ces trommels (bâtiment n° 1) forment quatre systèmes composés chacun d'un gros trommel laveur et d'un trommel classeur plus petit et placé au-dessous du premier. Le gros trommel laveur présente deux compartiments dont les ouvertures ont 5/4" et 3/4" (30 et 18 millimètres) de côté: les matières qui traversent ces dernières ouvertures passent seules dans le trommel classeur. Ce dernier est lui-même divisé en deux parties dont les ouvertures ont respectivement 3/8" et 3/16" (9^{mm} et $4^{mm}1/2$) de côté. Chacun des systèmes de trommels forme donc 5 catégories de matières:

1° Refus du gros trommel laveur: ce sont des morceaux de plus de 30 millimètres. Ils vont comme les wände aux cylindres concasseurs (bâtiment n° 2).

2° Morceaux compris entre 18 et 30 millimètres au klaubage.

3° Morceaux de 9 à 18 millimètres : ces morceaux seront traités aux huit cribles contenus dans l'atelier de klaubage (bâtiment n° 3). Le type adopté pour ces cribles est celui des cribles ordinaires à tamis fixe et piston latéral.

4° et 5° Morceaux compris entre $4^{mm}1/2$ et 9^{mm} et même plus petits que $4^{mm}1/2$. Ces produits seront traités au deuxième étage comme les produits analogues fournis par le röschwalzwerk.

Les wände concassés par le röschwalzwerk donnent des produits qui sont traités aux mêmes systèmes de trommels que le grubenklein. Le röschwalzwerk remplace le cassage au fäustel. Le klaubage auquel sont soumis les morceaux de 18 à 30 millimètres correspond au triage qui se fait actuellement après le cassage au fäustel. C'est ce klaubage qui alimentera l'atelier de scheidage de scheidestufferz à scheider. On compte faire, à ce klaubage, une proportion notable de berg.

L'atelier de klaubage présente une disposition très-recommandable. Elle est indiquée par les croquis Pl. XVIII, *fig.* 12 et 13. Les minerais sont amenés au moyen d'un chemin de fer A dans des wagonnets qui s'ouvrent latéralement et versent directement les matières sur la table de klaubage B. Le long de cette table se trouvent une série de cases C dans lesquelles on jette les morceaux triés. Les cases C sont en forte tôle. Elles ont 1' de largeur. Chaque ouvrier occupe une largeur de 2', c'est-à-dire qu'il y a un klaubeur de deux en deux cases. On doit faire sept catégories : chaque ouvrier doit pouvoir jeter les morceaux qu'il trie, dans 7 cases : cela est très-facile avec la dimension indiquée. Il n'y a pas d'ouvrier devant les trois premières cases ; le premier klaubeur est devant la quatrième ; il jette les morceaux qu'il trie dans les cases nᵒˢ 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7. (Pl. XVIII, *fig.* 12.) Le deuxième klaubeur placé devant la case 6, jette ses morceaux dans les cases 3, 4, 5, 6, 7, 1' et 2', et ainsi de suite. Chaque klaubeur travaillant toujours à la

même place acquiert bien vite l'habitude nécessaire à une prompte exécution du travail et jette instantanément et sans hésitation chaque morceau dans la case convenable. On voit qu'il est absolument indispensable que chaque klaubeur occupe toujours la même place ; sans cela les erreurs seraient inévitables.

Cette disposition du klaubage semble bien préférable à toutes celles qui ont été employées jusqu'ici : elle fait disparaître le grave inconvénient qui consiste en ce que les cases destinées à recevoir les morceaux triés étant placées à peu près exclusivement derrière le klaubeur, celui-ci est obligé de se retourner constamment, au grand préjudice de la bonne exécution et surtout de la rapidité du travail.

Les cases C s'ouvrent inférieurement par une porte latérale, de manière à verser leur contenu dans les wagons d'un chemin de fer D qui emmène les produits triés.

Deuxième étage. — Le deuxième étage contient les cylindres broyeurs destinés à fournir des grenailles moyennes et fines (Mittel-et Feinwalzwerk), des trommels et des cribles.

Le travail du deuxième étage a pour but principal l'élimination des nulles valeurs : on cherchera donc à faire, aux cribles, du stérile bon à jeter. Des expériences préliminaires permettent d'espérer qu'on pourra ainsi éliminer immédiatement 50 p. 100 de la gangue. Le stérile séparé sera versé sur le flanc de la montagne en contre-bas de l'atelier. On dispose d'un espace suffisant pour qu'il n'y ait pas d'encombrement à craindre d'ici à plusieurs siècles. Le nouveau grand bocard est un peu au-dessus du confluent des vallées de Clausthal et de Zellerfeld et domine les parties inférieures de ces deux vallées.

Les cylindres broyeurs du deuxième étage ne seront pas, comme ceux qu'on emploie jusqu'ici dans le Harz, des cylindres de petit diamètre et de grande longueur : ils auront 27″ de diamètre ($0^m,66$) et 9″ seulement ($0^m,22$) de largeur.

L'écartement des cylindres sera :

Pour le mittelwalzwerk de. . . . . 6 millimètres.
Pour le feinwalzwerk de. . . . . . 2 millimètres.

On veut obtenir au mittelwalzwerk des grenailles de $4^{mm},5$ au plus.

Les trommels classeurs seront disposés en trommelapparats, comme dans le premier bocard actuel de Clausthal.

Les grenailles classées par ces trommelapparats et provenant, soit des matières broyées aux cylindres broyeurs moyens et fins, soit des matières plus petites que 9 millimètres arrivant du premier étage, seront traitées sur 18 cribles : ces cribles seront de doubles graupensetzmaschines continues identiques à celle que j'ai décrite.

Les matières fines séparées par les trommelapparats seront dirigées sur le troisième étage et traitées comme les matières fines provenant du bocardage.

Troisième et quatrième étages. — Le troisième étage contiendra dix batteries de bocard composées chacune de quatre flèches. Ces bocards seront disposés comme ceux des troisième et quatrième ateliers de Zellerfeld : sole horizontale, grille formée d'une toile en fils de laiton placée à la Hinterwand. Huit des batteries (32 flèches) seront mises en mouvement par une machine à colonne d'eau pour laquelle on dispose d'une chute de 96′ ($27^m,50$), obtenue au moyen du ruisseau de Clausthal. La force de cette machine ne suffisant pas pour les deux autres batteries, ces dernières seront mises en mouvement par une roue ordinaire alimentée par de l'eau provenant de la vallée de Zellerfeld.

Le travail des troisième et quatrième étages ressemblera entièrement à celui du quatrième bocard de Zellerfeld. On emploiera, exactement de la même manière que dans ce dernier atelier, les trichters isolés et réunis en trichterapparats, les aftersetzmaschines, les tables à secousses et les

rotirende-kehrherds. Je renvoie pour les détails à la description du quatrième bocard de Zellerfeld.

On se propose d'employer, dans le nouveau grand bocard, des trichterherds comme dans le premier bocard actuel de Clausthal. L'intercalation de ces appareils, parmi ceux qui fonctionnent au quatrième bocard de Zellerfeld, se conçoit très-bien, puisque le trichterherd fait le même travail que les stossherds. On disposera les trichterapparats de manière que les premiers trichters alimentent des stossherds, les suivants des trichterherds et les derniers des rotirende-kehrherds. Les produits obtenus sur les trichterherds seront soumis à un finissage (Reinarbeit) sur des tables à secousses spéciales (Reinstossherds). Quant aux tables tournantes (Rotirende-Kehrherds), on n'est pas encore fixé sur le modèle qu'on adoptera : on incline cependant à préférer le modèle n° 2 essayé dans le dixième bocard de Clausthal et décrit ci-dessus.

On conservera des kehrherds (tables dormantes) ordinaires dans des laveries de schlamms (Schlämmwäschen) placées en contre-bas du quatrième étage : sur ces kehrherds iront directement passer les abgangs des Rotirende-Herds. Ce sera une ressemblance de plus avec le quatrième bocard de Zellerfeld.

Je dois dire qu'il n'y a pas encore de plan définitivement arrêté pour les troisième et quatrième étages. La construction du deuxième n'est pas encore commencée. Il n'y a d'entièrement construits que les bâtiments n° 3 et 4 du premier étage : encore les aménagements intérieurs sont-ils loin d'être terminés. Les bâtiments n° 1 et 2 sont en construction. Il s'écoulera encore au moins cinq ou six ans et peut-être dix ans avant que le nouveau grand bocard puisse fonctionner. Ce n'est pas le zèle qui manque; mais l'argent, ce nerf de la bâtisse, est rare au Harz, en dépit du proverbe :

Im Harze der Thaler klingt.

Janvier 1855.

NOTE.

Le précédent mémoire a été rédigé en janvier 1866. Depuis cette époque, le travail du quatrième bocard de Zellerfeld a subi une modification très-intéressante qui sera peut-être le point de départ d'une transformation complète de toute la préparation mécanique de l'Oberharz. Voici en quoi consiste cette modification :

Les premiers stossherds du quatrième bocard de Zellerfeld, c'est-à-dire ceux qui placés dans le pochhaus, traitaient les sables sortant de la deuxième batterie de bocards, ont été supprimés (*). Chacun des quatre rohstossherds (S, S') est remplacé par un *double crible continu à sables* (continuirliche Sandsetzmaschine). Ces cribles continus ne diffèrent pas essentiellement de l'aftersetzmaschine décrite dans le mémoire, et représentée par les *fig.* 2, 3 et 4 de la Pl. XVI. L'unique différence consiste dans la suppression du tuyau *f*, destiné à l'enlèvement des grenailles, et du manchon *g* qui défend l'entrée de ce tuyau. Cette suppression est tout naturellement commandée par la nature des matières traitées. En effet, les sables sortant de la deuxième batterie de bocards ont traversé une grille dont les mailles carrées ont 1 millimètre de côté. Or les mailles du tamis du crible ont elles-mêmes 1 millimètre de côté. Il ne saurait donc s'accumuler sur ce tamis des grenailles trop grosses pour le traverser. Le tuyau *f* et le manchon *g* deviennent par suite parfaitement inutiles. Les grains les plus riches passent tout simplement à travers les mailles du tamis. Chaque crible ne fournit plus que deux produits : 1° un *durchfall* (matière qui traverse le tamis et est formée d'un schlieg plus ou moins riche), et 2° un *übergang* (matière plus pauvre qui, entraînée par le courant, sort de l'appareil sans avoir traversé le tamis).

Les nouveaux cribles continus du quatrième bocard de Zellerfeld sont doubles, c'est-à-dire associés deux à deux. Les sables formant le durchfall des trichters qui alimentaient autrefois les rohstossherds S, S', passent sur un premier crible dont l'übergang tombe immédiatement sur un second crible, en tout semblable au premier, et ayant seulement son tamis à un niveau un peu plus

(*) Les stossherds supprimés sont désignés sur le plan par les lettres S et S'. Le reinstossherd RS a également disparu.

bas. On se représentera très-facilement cette disposition en se reportant à la *fig.* 2, Pl. XVI, et en imaginant que l'übergang sortant par la fente *p* tombe sur un deuxième crible au lieu de tomber sur un abfallgerenne (*). La paroi de sortie du deuxième crible présente deux fentes horizontales superposées. Au passage sur ce deuxième crible, le courant boueux se divise par conséquent en trois parties d'inégale richesse : 1° *durchfall* ou matière qui traverse le tamis ; 2° *abgang* ou matière sortant par la fente intermédiaire ; et 3° *übergang* ou matière sortant par la fente supérieure. En définitive, le crible double donne quatre produits : deux durchfalls d'inégale richesse, un abgang et un übergang.

Par suite du remplacement des stossherds du pochhaus au moyen de cribles continus, le tableau du travail du quatrième bocard de Zellerfeld doit subir, à partir de la première apparition du rohstossherd, c'est-à-dire à partir du signe [A], la modification suivante :

Modification au travail du 4e bocard de Zellerfeld.

- [A] Double crible continu : 1er crible. .
  - Durchfall — Schlieg — à l'usine.
  - Übergang — 2e crible. .
    - Durchfall — Schlieg impur — repasse au 1er crible [A].
    - Abgang — Trichter.
      - Durchfall — Plannenherd [H].
      - Übergang. } Trichterapparat [D].
    - Übergang. . . . . } Trichterapparat [D].

(La suite comme au tableau, page 391.)

Il me semble indispensable de dire ici pourquoi je n'ai pas introduit dans le texte de mon mémoire la modification que je viens d'indiquer : c'est que j'ai tenu à conserver intacte ma description primitive du quatrième bocard de Zellerfeld. La constitution de ce bocard, telle qu'elle est présentée dans le corps du mémoire, me paraît, en effet, marquer une époque bien définie dans l'histoire de la préparation mécanique de l'Oberharz : cette époque est caractérisée par l'abandon des caissons et l'emploi simultané du stossherd et de l'aftersetzmaschine. La modification apportée déjà au travail du quatrième bocard de Zellerfeld semble être le point de départ d'une ère nouvelle qu'on pourrait appeler l'*ère des cribles continus*. En effet, ces appareils tendent aujourd'hui à faire disparaître, non-seulement les stossherds, mais même les kehrherds ou tables dormantes. Le travail des cribles continus à

(*) C'est une disposition identique à celle de la double graupensetzmaschine, Pl. XV, *fig.* 2).

sables, surtout dans le nouvel emploi qui vient d'en être fait au quatrième bocard de Zellerfeld, manifeste un mode d'action notablement différent de celui des anciens cribles à grenailles. Ici on fait passer un courant chargé de matières plus ou moins riches sur un tamis au-dessous duquel on produit une succession de secousses très-rapides. Sous l'action de ces secousses, les matières en suspension dans le courant se classent par ordre de richesse, tout en cheminant sur le tamis, et les plus riches seules ont le temps de descendre jusqu'à lui et de passer à travers. La matière traversant le tamis ou le durchfall, qui, dans les cribles à grenailles, n'est qu'un produit tout à fait accessoire, devient ici le produit principal.

Avec ce mode d'action, on ne voit guère de limite à la finesse des matières qu'on peut ainsi traiter au crible, pourvu, bien entendu, que les matières traitées ensemble soient formées de grains à peu près de même grosseur, et que la vitesse du courant, ainsi que le nombre des secousses, soient convenablement réglés (*). Par conséquent, rien n'empêche d'espérer qu'on arrivera à traiter au crible, non-seulement les sables menus et les farines, mais même les schlamms les plus fins : en ce cas, les appareils si variés qu'emploie aujourd'hui la préparation mécanique disparaîtraient tous, et le crible continu resterait seul comme appareil universel applicable aux schlamms les plus menus, comme aux plus grosses grenailles. Des expériences ont déjà été faites, en ce sens, au commencement de l'hiver de 1866-67. Elles ont donné des résultats très-satisfaisants, sinon tout à fait concluants, et il est dès à présent à peu près certain que l'emploi du crible continu est destiné à recevoir prochainement une extension très-considérable, dont l'effet sera de donner à la préparation mécanique de l'Oberharz une physionomie toute nouvelle, en lui imprimant un caractère de merveilleuse simplicité.

Janvier 1867.

(*) Au besoin on peut, pour éviter un passage trop rapide des matières fines à travers le tamis, recouvrir ce dernier d'une couche de grenailles de stufferz, comme on le fait au début du travail de l'aftersetzmaschine ordinaire (page 335). Seulement, ces grenailles resteraient indéfiniment sur le tamis et devraient être regardées comme une partie intégrante de l'appareil.

EXTRAITS DE MINÉRALOGIE

Par M. A. CORNU, ingénieur des mines, professeur à l'École polytechnique.

(ANNÉES 1864, 1865, 1866.)

1° CRISTALLOGRAPHIE ET PROPRIÉTÉS DES CRISTAUX.

Sur la dilatation des cristaux; par M. FIZEAU.

Comptes rendus de l'Académie, t. LXII, p. 1101, 1133.

On a donné dans les précédents *Extraits de minéralogie* une description succincte de la méthode imaginée par M. Fizeau pour mesurer les petites variations d'épaisseur en général et en particulier la dilatation des corps réduits en plaques à faces parallèles. L'auteur, qui avait étudié d'abord la dilatation du quartz et du spath d'Islande, a repris l'étude complète d'un grand nombre d'espèces minérales appartenant aux divers systèmes cristallins. Voici les premiers résultats de ses recherches :

1° *Système régulier :* Parmi ces minéraux dont la dilatation est la même dans tous les sens, deux d'entre eux, le *diamant* et le *cuivre* oxydulé, présentent la propriété singulière d'avoir un *maximum de densité :* le *diamant* vers — 42 degrés et le cuivre oxydulé vers — 4 degrés : ces nombres ont été déduits par *extrapolation* de la formule empirique qui représente leur dilatation. A la température de + 40 degrés, les nombres qui représentent leur dilatation cubique sont :

Diamant.	$\alpha = 0,00002331$
Cuivre oxydulé	$\alpha = 0,00000354$
Pour la *Sénarmontite*.	$\alpha = 0,00005889$
Pour l'*acide arsénieux*.	$\alpha = 0,00012378$
Pour le *Périclase* (magnésie). . .	$\alpha = 0,00003129$

Les quatre minéraux suivants du genre *Spinelle* ont des coefficients de dilatation cubique presque identiques.

Rubis (magnésie)	$\alpha = 0{,}00001787$
Pléonaste (fer)	$\alpha = 0{,}00001805$
Gahnite (zinc)	$\alpha = 0\ 00001766$
Kreittonite (zinc)	$\alpha = 0{,}00001750$

Système du prisme droit à base carrée. — Dans tous les systèmes autres que le système régulier, la dilatation linéaire varie avec l'orientation cristallographique ; l'auteur établit la formule générale qui donne cette dilatation en fonction de *trois dilatations principales*, ainsi que la dilatation cubique du cristal.

Dans les deux systèmes qui présentent un axe de syméteide binaire ou ternaire, les *dilatations principales se réduisent à deux.*

Étain oxydé. .	Dilatation suivant l'axe.	$\alpha = 0{,}00000392$
	Dilatation normalement à l'axe.	$\alpha' = 0{,}00000321$
	Dilatation cubique.	$\alpha + 2\alpha' = 0{,}00001034$
Rutile.	Dilatation cubique.	$0{,}00002347$

Système hexagonal et *rhomboédrique.*

Émeraude. Suivant l'axe il y a contraction, normalement à l'axe dilatation, mais faible. On peut conclure que l'émeraude possède aussi un maximum de densité vers — 4 degrés.

Quartz. Les anciennes mesures ont été vérifiées

Suivant l'axe.	$\alpha = 0{,}00000781$
Normalement à l'axe	$\alpha' = 0{,}00001419$
Dilatation cubique.	$[\alpha + 2\alpha'] = 0{,}00003619$

Le corindon, le fer oligiste, l'oxyde de zinc ont été aussi étudiés en détail.

L'auteur développera dans un mémoire ultérieur des rapprochements numériques extrêmement importants au point de vue de la constitution chimique des espèces minérales.

Nouvelles recherches sur les propriétés optiques des cristaux ; par M. Des Cloizeaux.

Mémoires des savants étrangers, t. XVIII.

L'auteur résume et complète ses recherches antérieures sur les propriétés optiques des cristaux, spécialement dans leurs relations

avec les systèmes cristallins; on peut trouver dans ce mémoire les constantes optiques d'un grand nombre d'espèces minérales, l'étude de l'action de la chaleur sur la position des axes optiques et diverses déterminations physiques relatives aux cristaux! Voici quelques-uns des résultats les plus récents :

1° Classification cristallographique d'après des propriétés optiques.

Le *Pollux* est cubique, tandis que le *Castor* possède deux axes optiques.

La *Stassfurtite* de G. Rose est bien réellement cubique; par suite il n'y a pas lieu de la distinguer de la *Boracite*.

La *Gyrolite* n'est que de l'*Apophyllite* aluminifère.

La *Tachydrite* de Stassfurt cristallise en rhomboèdres voisins de 90 degrés (axe optique négatif).

2° Influence de la chaleur sur les propriétés optiques.

On sait que plusieurs cristaux (Eméraude, Mellite, etc.), cristallisant dans le système rhomboédrique ou carré, présentent dans la lumière polaire des irrégularités qui ont fait supposer à divers minéralogistes que la symétrie cristallographique ne se poursuivait pas jusque dans les propriétés optiques, ou bien alors que ces espèces minérales appartenaient à un système cristallographique moins régulier.

Mais l'action de la chaleur qui généralement écarte ou rapproche les axes optiques n'a aucune influence sur la croix noire disloquée (figurant plus ou moins vaguement une hyperbole) que présentent les cristaux. L'auteur conclut très-nettement en faveur de la corrélation parfaite entre les propriétés cristallographiques et optiques dans ces espèces minérales.

L'*Aragonite* ne présente aucun changement sensible dans l'écartement de ces axes optiques entre 0 degré et 180 degrés de température.

La *baryte sulfatée* au contraire, est assez sensible à l'action de la chaleur.

Le *sel de Seignette* présente des variations énormes.

Étude optique des Micas.

L'auteur conclut de ces observations qu'il est difficile d'admettre l'opinion de Sénarmont sur le mélange d'espèces isomorphes pour expliquer la variation de l'angle des axes.

Comme apparences intéressantes et parfaitement expliquées, on peut citer le Borax et la *Brewsterite* dont le plan des axes tourne de plusieurs degrés par la chaleur.

5° *Autres déterminations cristallographiques.*

Il y a transition complète entre l'*Anthophillite* de Kongsberg (prisme droit) et l'*Amphibole* (prisme oblique).

L'*Hydrargilite* de l'Oural est oblique, mais voisine de 60 degrés et non pas hexagonale.

La *Kotschubéite* est un véritable *Clinoclore* chromifère violet comme la *Kammererite* est une Pennine violette.

On sait que la *Boracite* (cubique) doit ses colorations dans la lumière polarisée à la présence de lamelles d'une substance étrangère que Volger a nommée *Parasite*. Cette substance paraît appartenir au prisme rhomboïdal droit; l'auteur est parvenu à voir le second système d'anneaux en taillant convenablement un cristal de boracite, et par suite à bien définir optiquement la *Parasite*.

La *Sénarmontite* présente aussi, quoique cubique, des colorations dues aussi vraisemblablement à une substance étrangère.

Le *Prussiate rouge de potasse* est oblique.

La *Violane* est un *Pyroxène* optiquement et chimiquement.

La *Prosopite* est doublement oblique.

La *Tankite* de Norwége est de l'*Anorthite hydratée*. Elle est à l'*Anorthite* ce que la *Villarsite* est au *Péridot*, le *Malacon* au zircon ou l'*Aspasiolite* à la *Cordiérite*.

Analogie entre le système rhomboédrique et le système rhomboïdal droit; par M. SCHRAUF.

L'auteur énumère les cristaux de forme-limite, c'est-à-dire dont l'angle à la base est voisin de 120 degrés ou de 60 degrés; il montre que l'élasticité optique suivant les diagonales du Rhombe, s'approche d'autant plus de l'égalité que ce rhombe est plus voisin de 60 degrés. Voici trois exemples :

	α	β	γ	M sur M
Aragonite.	1,680	1,676	1,527	63° 50′
Cérusite.	2,061	2,059	1,791	62° 36′
Salpêtre.	1,499	1,498	[illegible]	[illegible]

α et β sont les indices de réfraction des rayons lumineux dans la direction des diagonales du rhombe. M sur M est l'angle aigu de ce rhombe.

On sait que si cet angle était de 60 degrés, le cristal serait hexagonal, et alors α serait égal à β.

Notices minéralogiques; par Hessenberg.

(*Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXV, p. 715.)

Ces mémoires, publiés depuis plusieurs années dans les *Abhandlungen der Senckenberg. Naturf. Gesellsch. zu Frankfurt*, sont remarquables par la netteté des descriptions et la précision des mesures cristallographiques; dans la cinquième partie se trouve l'étude des minéraux suivants : *Fer oligiste* du Saint-Gothard et de Cavradi; *Blende* du Cumberland et de Schemnitz; *Malachitspath. Etain oxydé*; *Sphène* de Rothenkopf en Zillerthal; *Linarite* de Cumberland : *Kupferuranite*

Études cristallographiques sur l'Idocrase; par M. von Zepharowich.

(*Sitzungsberichte d. Math. — Naturw. Classe d. K. Akademie*, t. XLIX, p. 12.)
(*Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXV, p. 841.)

C'est un travail très-complet sur cet important minéral : l'auteur y a ajouté une classification des modifications particulières que revêt la forme cristalline suivant le gisement et un catalogue géologique complet des localités où on les rencontre.

Sur la décoloration de la Topaze; par M. Kokscharow.

(*Bulletin de l'Académie de Saint-Pétersbourg*, t. IV, p. 570.)
(*Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXV, p. 298.)

L'auteur décrit quelques échantillons venant tous de l'Oural que la lumière ordinaire et diffuse a décolorés; ce phénomène de décoloration est très-remarquable, mais peu expliqué jusqu'ici.

Sur la structure mâclée du quartz; par M. Friedrich Scharff.

(*Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXV, p. 530.)

L'auteur décrit divers mâcles et agglomérations de cristaux de quartz, mais n'arrive à formuler aucune loi simple relative à ce phénomène.

Sur les divers minéraux que renferme le diamant; par M. Göppert.

(*Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXV, p. 190.)

L'auteur, contrairement à l'opinion de M. Brewster, pense qu'on peut à peine douter que le diamant n'ait été formé par voie humide; les empreintes que présentent un certain nombre de diamants fameux (diamant appartenant à l'empereur du Brésil), les minéraux qui se trouvent souvent enclavés (*); enfin les restes organiques (**) témoigneraient de l'origine pour ainsi dire *végétale* du diamant.

Newton est le premier qui ait émis une opinion analogue ; il avait conclu de son fort pouvoir réfringent que le diamant devait être combustible, et produit par la coagulation d'une substance huileuse.

Sur les cavités de la Topaze, du Beryl et du Diamant; par M. Brewster.

(*Philosophical magazine*, t. XXV, p. 174.)

L'auteur a, dans des études antérieures, observé deux liquides particuliers, la *Brewstoline* et la *Kryptoline*, enfermés dans les cavités de cristaux.

Le fameux diamant le Kohi-noor présente au microscope trois cavités assez irrégulières : dans beaucoup de diamants observés les cavités sont assez nombreuses pour qu'ils deviennent impropres à la joaillerie de luxe. Le diamant noir doit souvent son opacité à des cavités très-nombreuses.

La Topaze et le Beryl en présentent aussi : l'auteur conclut de ces faits que ces minéraux et leurs roches encaissantes ont une origine plutonique.

(*) M. Dumas, dans la détermination précise de l'équivalent du carbone, a remarqué dans les cendres du diamant quelques fragments de minéraux, en particulier de topaze.

(**) Petzholdt a reconnu dans les cendres du diamant les restes de véritables cellules végétales.

Sur un diamant à couleur variable; par MM. Halphen.

(*Comptes rendus*, t. LXII, p. 1036.)

Ce diamant pesant 4 grammes, un peu brun, prend, quand on le chauffe, une teinte rosée qu'il conserve pendant huit ou dix jours et qu'il perd peu à peu pour revenir à sa couleur primitive.

M. Gallardo Bastant attribue cette couleur variable au fluorure d'aluminium, que contiendrait toujours le diamant : la topaze, suivant lui, présenterait le même phénomène à cause de l'acide fluorique qu'il contient.

Sur quelques pseudomorphoses; par M. de Tschermach.

(*Sitzungs berichte der K. Akademie* : Wien, t. XLVII, p. 443.— *Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXV, p. 72.)

L'auteur a examiné au point de vue chimique diverses pseudomorphoses; voici les principales :

Stilpnosidérite sous la forme de.	*Mica.*
Albite et épidote.	*Wernérite.*
Disthène.	*Andalousite.*
Quartz.	*Orthose.*
Calcite.	*Analcime.*
Quartz.	*Apophyllite.*

Un peu plus tard (*Leonhard's Jahrbuch*, p. 479), l'auteur examine les pseudomorphoses suivantes :

Étain oxydé sous la forme de.	*Quartz.*
Voigtite.	*Fer oligiste.*
Clinoclose. . . / *Diopside*. . . / *Grossulaire*.	*Vésuviane.*

Un échantillon de *vivianite* dans une nouvelle phase de formation.

Un pseudomorphose de *labradorite* en *porphyre vert antique*.

Tableaux cristallographiques; par M. VON ZEPHAROWICH.

Cette collection de tableaux de formes cristallines des minéraux est une très-utile publication qui facilite l'enseignement oral de la minéralogie.

Lehrbuch der physikalischen Minéralogie (Traité de minéralogie physique); par M. SCHRAUF.

Cet ouvrage, en cours de publication, formera un résumé intéressant des principales découvertes relatives à l'étude physique et mathématique des minéraux auquel l'auteur ajoute les résultats de ses propres recherches.

Atlas des formes cristallines du règne minéral; par M. SCHRAUF.

Vorlesugen über Mineralogie (Cours de minéralogie); par M. VON KOKSCHAROW.

(Saint-Pétersbourg, 1er volume.)

Ce premier volume est un traité complet de cristallographie où l'auteur a réuni comme exemples les résultats de ses belles études sur les minéraux de Russie (Materialen zur Mineralogie Russlands). Dans cet excellent ouvrage, l'auteur a exposé en détail non-seulement la classification complète dos cristaux, leurs caractères généraux, les hémiédries, les combinaisons, les macles des divers systèmes, mais encore a décrit avec le plus grand soin les procédés pratiques pour la mesure des cristaux, le calcul des angles ainsi que l'application de la méthode des moindres carrés à la détermination des valeurs les plus probables.

Eléments de minéralogie (2e édition); par M. DOMEYKO.

L'auteur vient d'y adjoindre successivement deux appendices relatifs aux espèces minérales du Chili dont il a fait depuis longtemps l'objet de recherches consciencieuses et intéressantes.

Corso di mineralogia; par M. BOMBICCI.

Outre la description complète des minéraux on trouve dans cet ouvrage un essai d'itinéraire minéralogique en Italie.

2° PRODUCTION DES MINÉRAUX.

Sur la production artificielle et naturelle du diamant; par M. de CHANCOURTOIS.

(*Comptes rendus*, t. LXIII, p. 22, 408.)

L'auteur énonce la proposition suivante : « Le diamant dérive des émanations hydrocarburées comme le soufre dérive des émanations hydrosulfurées. » Les circonstances favorables à cette réaction consisteraient en une combustion lente dans un milieu poreux. Il passe en revue les périodes géologiques qui ont fourni le carbone et indique leurs rapports avec les formations carburées et hydrocarburées qu'elles ont laissées, le diamant, le graphite, la houille et le pétrole.

M. Rossi réclame la priorité pour une idée analogue publiée dans un recueil peu répandu.

Sur la production naturelle et artificielle du carbone cristallisé; par M. LIONNET.

(*Comptes rendus*, t. LXIII, p. 213.)

D'après l'auteur, la formation naturelle du diamant serait l'analogue de l'expérience suivante : une longue feuille de platine est enveloppée en hélice d'une bande d'étain et plongée dans du sulfure de carbone : le carbone décomposé par cet élément voltaïque s'agrége et se dépose au fond du vase.

Sur un Diopside artificiel; par M. Brush.

(*American Journal*, t. XXXIX, p. 132.)

Dans un fourneau de l'usine de Philipsburg (New-Jersey), on a trouvé des cristaux rhomboïdaux très-brillants, très-durs (5 $\frac{1}{2}$), d'une densité de 3,16 qui, par leur composition chimique et leurs formes cristallines, se rapportent au *Diopside;* MM. de Kobel et Hausmann ont déjà décrit des diopsides artificiels provenant d'usines du Tyrol et de Suède.

Notices minéralogiques; par M. Kokscharow.

(*Bulletin de l'Académie de Saint-Pétersbourg*, t. IV, n° 9, p. 563. — *Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXV, p. 71.)

Études cristallographiques sur le *Chrysobéryl*, l'*Euclase*, le *Zircon*, le *Monazite*, le *Rutile* et la *Chiastolite*.

Sur la composition de quelques silicates; par M. Streng.

(*Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXVI, p. 411.)

Les nouvelles théories de la chimie organique promettent de jeter quelque lumière sur la constitution des minéraux : l'auteur essaye de grouper en séries certains silicates d'après les lois d'atomicité multiple; malheureusement la complication des formules est encore assez grande et les vérifications numériques laissent à désirer.

Sur la densité de quelques silicates; par M. Fuchs.

Leonhard's Jahrbuch, t. XXXVI, p. 450.

L'auteur étudie la variation de densité qui s'opère dans la plupart des minéraux lorsqu'on les calcine : ce fait a observé déjà par MM. Mohr, Sainte-Claire Deville, Kobell, est étendu à quelques autres minéraux.

	Avant calcination.	Après calcination.	
Leucite.	D = 2,484	D' = 2,486	+ 0,002
Leucite.	2,497	2,510	+ 0,013
Augite.	3,445	3,453	+ 0 008
Wollastonite.	2,892	2,798	— 0,093

Cette variation doit être attribuée, suivant Mohr, à divers états de la silice dans la silicate ; mais l'auteur combat cette explication.

Sur l'équivalent de l'acide silicique : par M. Th. SCHEERER.

(*Journal fur praktische Chemie*, t. XCI, p. 415. — *Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXVI, p. 89.)

Malgré l'opinion de plus en plus répandue parmi les minéralogistes, l'auteur soutient que la formule SiO^3 représente le véritable équivalent de l'acide silicique.

Sur la composition de l'Apophyllite; par M. KENNGOTT.

(*Journal fur praktische Chemie*, t. LXXXIX, p. 449. — *Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXV, p. 359.)

La moyenne d'un grand nombre d'analyses très-concordantes a donné :

Chaux.	25,06
Potasse.	5,25
Silice.	52,27
Eau.	16,31

De plus, une quantité de fluor qui peut s'élever jusqu'à 2 p. 100. L'auteur propose et discute la formule

$$8 (CaO\ HO + HO + 2SiO^3) + KFl.$$



Esquisse de la région volcanique des bords du Rhin; par M. VON RATH.

(*Zeitschrift der deutschen geologischen gesellschaft*, t. XV, p. 73.)

L'auteur examine diverses roches volcaniques et quelques miné-

raux cristallisés qu'on rencontre. Voici quelques-unes de ses analyses:

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.
Silice	36,46	48,80	49,18	36,87
Acide sulfurique	7,34	1,70	1,60	10,00
Chlore	0,70	0,26	0,23	1,08
Alumine	29,61	16,83	20,65	26,60
Oxyde de fer	0,91	6,60	5,97	0,28
Chaux	2,37	6,50	2,43	4,05
Magnésie	»	1,24	0,29	»
Potasse	»	6,59	6,88	traces
Soude	20,60	9,52	9,72	20,75
Eau	2,02	1,96	1,60	0,37
	100,00	100,00	98,60	100,00

N° 1. Noséane du Selberg;
N° 2. Leucitophyre du Selberg;
N° 3. — du Schorenberg;
N° 4. Noséane transparente de Laach.

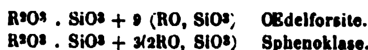
Sur l'Œdelforsite et le Sphenoklase; par M. Kobell.

(*Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXV, p. 626, 627.)

Le premier minéral est déjà très-connu; le second est nouveau : on le trouve en Norwége, à Gjellebäck. L'analyse a donné :

	Œdelforsite.	Sphenoklase.
Silice	61,36	46,08
Alumine	7,00	13,04
Chaux	20,00	26,50
Magnésie	8,63	6,25
Oxyde de fer	2,70	4,77
Oxyde de manganèse	»	3,23
	99,69	99,87

ce qui correspond aux formules $SiO^3 : R^2O^3 : RO = 30 : 3 : 9$ pour l'*Œdelforsite* et pour le *Sphenokluse* $= 4 : 1 : 2$. L'auteur les met encore sous la forme :


$R^2O^3 . SiO^3 + 9 (RO, SiO^3)$ Œdelforsite.
$R^2O^3 . SiO^3 + 3(2RO, SiO^3)$ Sphenoklase.

Sur le Grenat (Notices minéralogiques); par M. GUTHE.

(*Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXV, p. 627.)

Il y a eu probablement plusieurs fois confusion entre la *Schorlamite* et le grenat; l'analyse de M. Stromayer a donné pour un de ces échantillons douteux :

Silice	31,285
Acide titanique	3,161
Oxyde de fer	31,8
Chaux	33,297
Magnésie	0,457
	100,000

Comme la *Schorlamite* doit contenir 22 p. 220 d'acide titanique. ce n'est pas à ce minéral qu'on avait affaire; c'est donc un grenat; l'auteur en conclut que *dans le grenat une partie de la silice peut être remplacée par de l'acide titanique.*

Sur la composition de l'Amphibole; par M. MICHAELSON.

(*Journal für praktische Chemie*, t. XCI, 221.— *Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXV, p. 725.)

Les analyses suivantes se rapportent aux échantillons dont voici la provenance et la densité:

N° 1. Grammatite de Fahlun. . . . . D = 2,99
N° 2. Hornblende de Langbanshytta. . . . . D = 3,09
N° 3. Hornblende d'Orijärfvi. . . . . D = 3,03

	N° 1.	N° 2.	N° 3.
Silice	57,32	54,15	55,01
Alumine	1,09	0,52	1,69
Magnésie	24,70	20,18	23,85
Chaux	13,61	6,06	13,60
Potasse	»	6,37	0,38
Soude	»	2,77	0,48
Peroxyde de fer	»	1,77	0,56
Protoxyde de fer	1,18	2.80	3,46
Protoxyde de manganèse	0,85	5,09	0,51
Fluor	0,35	»	»
Perte par calcination	0,20	0,12	1,02

Grammatite de Fahlun. . . . . . $= CaO\ SiO^2 + 3(MgO . SiO^2)$.

Hornblende de Langbanshytta. . $= CaO . SiO^2 + 2 \left\{ \begin{matrix} MgO \\ MnO \end{matrix} \right\} SiO^2$.

Hornblende d'Orijärfvi. . . . . $= CaO\ SiO^2 + 2(MgO . SiO^2)$.

Sur la Wöhlerite, l'Œschynite et l'Euxénite; par M. HERMANN.

(*Bulletin de l'Académie impériale des naturalistes de Moscou*, t. XXXVIII, n° 2, p. 464. — *Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXVII, p. 89.)

L'auteur donne l'analyse des deux premiers minéraux :

Wöhlerite.		*Œschynite.*	
Acide silicique.	29,16	Acide ilménique.	29,00
Acide niobique.	11,58	Acide niobique.	3,30
Zircone.	22,72	Acide titanique.	15,05
Chaux.	24,98	Thorine.	22,91
Protoxyde de fer.	1,28	Oxyde de Ca. La. Di.	15,96
Protoxyde de manganèse.	1,52	Yttria.	5,30
Magnésie.	0,71	Protoxyde de fer.	6,00
Soude.	7,63	Chaux.	1,50
Eau.	1,33	Perte calcinatrice.	1,70
	99,91		100,72

La formule de la *Wöhlerite* serait : $10(2RO.SiO^2) + RONb^2O^3$.

Celle de l'*Œschynite :* $3(2RO.TiO^2) + 2(RO.Ti^3O^3)$.

Quant à l'*Euxénite*, sa formule serait la même que celle de l'Œschynite, mais dans laquelle RO représente l'Yttria et l'Urane au lieu de la Thorine et des oxydes cériques.

Sur la composition de la Topaze; par M. RAMMELSBERG.

(*Journal für praktische Chemie*, t. XCVI, n° 17, p. 7. — *Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXVIII, p. 226.)

On peut résumer les analyses faites par l'auteur dans le tableau suivant ; les provenances des divers échantillons sont en tête de chaque colonne :

	Trumbull.	Schneckenstein.	Schlaggenwald.	Altenberg (Pyknite).	Adun-tschilon.	Brésil.
Silice. . . .	32,38	33,69	33,37	3[illegible],28	33,56	33,73
Alumine. .	53,22	56,28	56,52	55,86	56,26	57,39
Fluor. . . .	16,12	18,54	18,80	16,28	18,30	16,12

L'auteur en conclut :

1° Que la Topaze contient le silicium et l'aluminium dans le rapport de 1 à 2 équivalents ;

2° Que le fluor remplace l'oxygène, c'est-à-dire forme avec lui une somme de 5 équivalents vis-à-vis de 1 équivalent d'aluminium ;

3° Que le rapport du fluor à l'oxygène est de 2 à 9 ;

4° La formule de la Topaze est ($Al^2H^3.SiFl^2$) + 5 ($AlO^3.SiO^2$), ce qui donne 33,16 silice, 56,70 aluminium, 17,50 fluor.

Sur le Clinochlore et le Mica du Vésuve; par M. Kokscharow.

(*Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXVII, p. 351.)

L'auteur fait remarquer la concordance des mesures de M. Hessenberg avec ses calculs antérieurs sur le système cristallin du Clinochlore et du Mica.

Le *Clinochlore* est cristallisé dans le système du prisme rhomboïdal oblique.

Le *Mica magnésien du Vésuve* (Biotite) est bien du système hexagonal *malgré les propriétés optiques* de ce minéral.

Sur la Gioseckite; par M. Pisani.

(*Comptes rendus*, t. LXII, p. 1324.)

Ce minéral, découvert par Giesecke, au Groënland, a été retrouvé aux États-Unis ; sa composition chimique conduit à le regarder comme une épigénie d'*élæolite*. L'auteur compare cette transformation à celle qu'il a déja observée entre la *Cancrinite* et la *Bergmannite*.

Sur la Roméine; par M. Bertrand de Lom.

(*Comptes rendus*, t. LXII, p. 144.)

L'auteur décrit un filon de minéral rare près de Saint-Marcel.

Sur l'Hagemanite; par M. SHEPARD.

(*American Journal*, t. LXII, p. 221.)

Ce minéral, provenant de Arksutfiord en Groënland, contient :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.
Fluor.	40,10	40,51	»
Alumine.	12,00	12,21	11,98
Fer.	5,82	5,87	6,17
Calcium.	11,20	11,19	11,16
Magnésium.	2,30	»	»
Sodium.	8,45	»	»
Silicium.	7,79	»	»
Eau.	10,44	»	»
Résidu.	1,08	»	»
	100,00		

Aucune formule simple ne correspond à cette composition ; on obtient à peu près comme formule brute :



$$Fl^4Si\,(Al, Fe)^2\,Ca\,(MgNa)^1 + HO.$$

3° SILICATES.

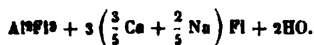
Sur la Pachnolite; par M. KNOPP.

(*American Journal*, t. XLI, p. 119 et t. XLII, p. 93.)

Dans les cavités d'un échantillon de *Cryolite* effleurie, l'auteur a trouvé des cristaux rhombiques droits dont la composition est (n° 1)

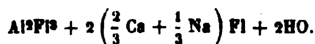
	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.
Fluor.	50,79	51,15	50,08	51,03
Aluminium.	13,14	10,37	14,27	17,87
Sodium.	12,16	12,04	7,15	23,00
Calcium.	17,25	17,44	14,51	7,01
Eau.	9,60	8,63	9,70	0,57
Silice	»	»	2,00	»
	102,94	99,63	97,71	99,48

L'auteur donne pour formule de ce minéral (*Pachnolite*):



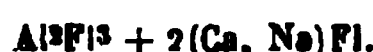
$$Al^2Fl^3 + 3\left(\frac{3}{5}Ca + \frac{2}{5}Na\right)Fl + 2HO.$$

Les analyses n° 2 et n° 3 sont de M. Hagemann, qui conclut à la formule



$$Al^2Fl^3 + 2\left(\frac{2}{3}Ca + \frac{1}{3}Na\right)Fl + 2HO.$$

Le n° 4 est l'analyse d'un autre minéral, l'*Arksutite*, accompagnant la cryolite et qui suivant, M. Hagemann, correspondrait à



$$Al^2Fl^3 + 2(Ca, Na)Fl.$$

Sur la Cryophyllite et la Lépidomelane; par M. COOKE

(*American Journal*, t. XLIII, p. 217.)

La cryophyllite est une espèce de mica qui se trouve dans le granite du Cape Ann (Massachusets). Les axes optiques sont écartés d'environ 55 degrés à 60 degrés; pourtant le goniomètre d'application donne 120 degrés très-exactement pour les faces latérales du prisme hexagonal, forme sous laquelle il cristallise.

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.
Silice	51,49	39,55	37,39	37,40
Fluorure de silicium	3,42	0,62	»	»
Alumine	16,77	16,73	16,66	11,60
Peroxyde de manganèse	0,34	0,60	0,64	»
Peroxyde de fer	1,97	12,07	13,74	27,66
Protoxyde de fer	7,98	17,48	19,03	12,43
Magnésie	0,76	0,62	0,59	0,26
Potasse	13,15	16,66	10,20	9,20
Lithine	4,06	0,59	»	»
Eau	»	1,59	1,75	0,60
	99,94	100,42	100,00	99,15

La composition n° 1 est la moyenne de cinq analyses très-concordantes. Le rapport de longueur de la silice à l'oxygène des bases est sensiblement de 2 : 1.

Les nombres de la colonne n° 2 représentent la composition de la *Lépidomélane* (moyenne de plusieurs analyses).

La quantité d'oxygène de la silice et celle des bases est à peu près la même; mais l'erreur étant trop considérable pour être attribuée aux erreurs d'analyse, l'auteur a corrigé ces résultats en attribuant les divergences à un mélange de *Cryophyllite;* il a obtenu les nombres de la colonne 3 qui concordent avec l'analyse n° 4 de Soltmann et qui donnent l'égalité presque rigoureuse entre l'oxygène de la silice et celui des bases.

Sur la Téphroïte; par M. Brush.

(*American Journal*, t. XXXVII, p. 66.)

Ce minéral, décrit par M. Thomson et M. Breithaupt, est un silicate de magnésie; il est chimiquement et optiquement isomorphe de la Chrysolite (Péridot).

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.
Silice	30,19	30,55	31,73	28,37	29,35
Oxyde de manganèse	65,59	52,32	47,62	59,31	36,43
Oxyde de fer	1,09	1,52	0,23	2,16	1,96
Magnésie	1,38	7,73	14,03	2,16	18,00
Chaux	1,04	1,60	0,54	0,39	»
Oxyde de zinc	0,27	5,93	4,77	7,58	11,61
Perte au feu	0,37	0,28	0,35	»	1,71
	99,93	99,93	99,27	99,97	100,26
	(Brush)	(Collier)	(Kague)	(Deville)	(Damour)

Ces cinq analyses d'échantillons à peu près identiques d'après les propriétés physiques, contiennent autant d'oxygène dans la silice que dans les bases (en excluant l'oxyde de zinc qui est manifestement dû à un mélange de *zincite*, minéral auquel la *tephroïde* est associée). Il y a donc substitution très-nette de manganèse à la magnésie.

Sur quelques minéraux du groupe Chlorite; par M. PEARSE.

(*American Journal*, t. XXXVII, p 221.)

L'auteur résume les analyses des diverses chlorites dans le tableau suivant :

NUMÉROS d'ordre.		Silice.	Alumine.	Magnésie.	Eau.	AUTEURS de l'analyse.
1	*Kämmererite cristalline*.	5	2	8	8	Hermann.
2	*Chlorite vert, gastrite*.	5	2	9	8	Pearse.
3	*Chlorite*.	6	2	10	8	Rammelsberg.
4	*Kämmererite fibreuse*.	6	2	10	8	Herman.
5	*Chontkrite massive*	7	2	10	6	Von Kobell.
6	*Rhodophyllite cristalline*.	7	2	12	10	Genth.
7	*Chlorite rouge*.	7	2	13	10	Pearse.
8	*Kämmererite*.	8	2	14	10	Smith et Brusch.
9	*Pyrosclerite*.	8	2	12	10	Von Kobell.
10	*Zabergite*.	9	2	14	10	Svanberg.
11	*Kämmererite cristalline*.	9	2	11	10	Hartwall, Garrette.
12	*Pyrosclerite impure*.	9	2	14	6	Lychnell.

L'auteur discute ces analyses et les réduit aux types 2, 3, 6. 8. Puis il conclut que les différences de composition sont dues aux minéraux associés de la chlorite.

Grastite. . . . . + Augite. . . . . = Chlorite.
Grastite. . . . . + Serpentine. . . . . = Rhodophyllite.
Grastite. . . . . + Péridot + Serpentine. . . = Kämmererite.

Analyse de quelques minéraux de Suède et de Norwége;
par M. MICHAELSON.

(*American Journal*, t. XXXVIII, p. 274.)

Radiolyte. C'est une *Natrolite* dans laquelle une petite partie de la soude est remplacée par la chaux.

Schefferite. C'est un pyroxène manganésien; l'auteur la place à côté de la Jeffersonite.

Hédyphane. Phosphate de plomb et de chaux combinés au chlorure de plomb.

Kokscharowite. Isomorphe avec l'amphibole.

Samarskite. Contient 4,55 p. 100 de zircone et 6,05 de thorine.

Kupfferite. Isomorphe avec l'Amphibole, contient 12,1 p. 100 d'oxyde de chrome. Hermann la considère comme une *Enstatite* sous forme d'amphibole.

Sur la composition des haches en pierre trouvées dans les monuments celtiques et chez les tribus sauvages; par M. DAMOUR.

(*Comptes rendus*, t. LXI, p. 313 et 357; t. LXIII, p. 1038.)

L'étude de la nature minéralogique de ces objets archéologiques peut fournir des renseignements ou au moins faire naître des inductions sur l'état de l'industrie, des migrations des diverses peuplades qui les ont laissées : l'auteur décrit les substances qui forment ces instruments appartenant à diverses collections, cite quelques densités et quelques analyses, en particulier celles d'*Obsidiennes*, de *Sillimanites*, de *Jades* et *Jadéites*, de *Chloromélanite*. Ces deux dernières variétés ont été distinguées parmi les *Jades*.

Dans le second mémoire, l'auteur étudie les *Amphibolites*, *Diorites* et *Aphanites*, *Saussurites* et *Staurotides*.

4° MÉTAUX.

Notices minéralogiques sur la Bohême; par M. A. REUSS.

(*Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXV, p. 74.)

Étude de quelques minéraux des filons de Przibram : *Galène*, *Cérusite*, *Calamine*, *fer corbonaté*, *Psilomane*, *wülfénite*.

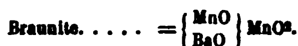
Sur les oxydes de Manganèse; par M. G. ROSE.

(*Poggendorf's Annalen*, t. CXXI, p. 1. — *Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXV, 358.)

La présence de la baryte dans les divers minéraux oxydés du manganèse ne doit pas être, suivant l'auteur, considérée comme

due à un mélange de Baryte sulfatée, mais bien à une véritable substitution atomique de la Baryte où protoxyde de manganèse. La *Braunite* et la *Hausmannite* seraient des combinaisons de protoxyde et de bioxyde.

Cette remarque a conduit l'auteur à examiner de plus près la présence de la silice dans quelques variétés de *Braunite* (*Marceline*) et à l'attribuer aussi à une substitution; l'acide silicique se substituerait au bioxyde de manganèse; il y aurait donc un véritable isomorphisme; de sorte qu'on aurait :



$$\text{Braunite.} \ldots\ldots = \left\{ \begin{matrix} MnO \\ BaO \end{matrix} \right\} MnO^2.$$



$$\text{Marceline.} \ldots\ldots (MnO) \left\{ \begin{matrix} MnO^2. \\ SiO^2. \end{matrix} \right.$$

Sur la Pyrochroïte; par M. IGELSTROM.

(*Poggendorf's Annalen*, t. CXXII, p. 181. — *Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXVI, p. 83.)

Ce nouveau minéral, suivant l'auteur, peut être considéré comme une *Brucite* dans laquelle la plus grande partie de la magnésie serait remplacée par du protoxyde de manganèse; il ressemble beaucoup à la brucite et se trouve en Suède (district de Filipstadt) sous formes de petites veines dans du fer magnétique.

Sur la Carménite; par M. HAHN.

(*Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXVI, p. 326.)

Ce minéral, trouvé dans l'île Carmen (golfe de Californie), est un cuivre sulfuré qui correspond à la formule



$$Cu^3S^2 = Cu^2S + CuS.$$

Sur l'argent antimonié; par M. RAMMELSBERG.

(*Zeitschrift d. deutsch. geol gesellsch.*, t. XVI, p. 618. — *Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXVI, p. 476.)

L'analyse a donné :

		Calculé.
Argent.	83,85	84,34
Antimoine.	15,81	15,66
	99,66	

résultat qui s'accorde très-bien avec ceux de Klaproth pour la formule 6Ag:Sb.

Sur la composition des minéraux tantaliques; par M. HERMANN (*).

(*Bulletin de la Société impériale des naturalistes de Moscou*, t. XXXVIII, p. 345. — *Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXVI, p. 855.)

L'auteur distingue trois variétés de *Colombite*, la *Tantal-Colombite*, la *Niob-Colombite* et l'*Ilmen-Colombite*, suivant les proportions relatives d'acides *tantalique*, *niobique* et *ilménique*. Voici une analyse des trois types avec leur provenance:

	Tantal-Colombite de Boden mais.	Niob-Colombite de Middletown.	Ilmen-Colombite. de Miask (Groënland).
Acide stannique.	0,55	0,50	»
Acide tantalique.	25,25	»	»
Acide niobique.	41,06	57,27	80,43
Acide ilménique.	14,00	25,95	
Acide tungstique. . . .	»	0,26	»
Protoxyde de fer.	14,30	10,06	8,06
Acide de manganèse. .	3,85	5,63	6,09
Oxyde de cuivre. . . .	0,13	»	»
Yttria.	»	»	2,44
Magnésie.	»	0,49	2,00
Protoxyde d'uranium. .	»	»	0,50
	99,75	99,06	100,00

La *Samarskite* et l'*Ittro-ilménite*, qui ne se distinguent de la Colombite que par l'éclat de leur cassure et leur densité, ont des compositions assez semblables; l'auteur donne leur analyse ainsi que celle du Pyrochlore.

(*) Ce travail fait suite aux recherches qui avaient d'abord conduit l'auteur à la distinction de l'*acide ilménique*, puis à douter de l'existence de ce nouvel élément : mais ses études ultérieures ont confirmé sa première opinion, aussi a-t-il repris ses analyses pour y examiner la proportion d'acide ilménique.

	Samarskite.	Yttro-ilménite.	Pyrochlore.
Acide niobique	34,12	23,80	13,65
Acide ilménique	22,24	31,79	48,15
Acide titanique	»	3,00	5,23
Yttria	13,29	21,03	»
Protoxyde de fer	8,87	11,07	1,84
Protoxyde de manganèse	1,20	6,26	»
Protoxyde d'uranium	16,63	3,01	»
Magnésie	0,50	6,80	»
Thorine	»	2,83	[illegible]
Oxyde de cer., lanth., dyd.	2,85	2,48	[illegible]
Chaux	»	»	11,97
Potassium	»	»	0,54
Sodium	»	»	2,63
Fluor	»	»	2,21
Perte par calcination	0,33	»	»
	100,03	99,87	99,66

Sur l'Antimoine sulfuré; par M. Krenner.

(*Sitzungs-Berichte d. Wien. Akad. d. Wiss.* Décembre 1864.)

C'est une étude très-consciencieuse de la forme cristalline et des gisements de ce minéral.

Sur quelques minéraux de Suisse; par M. Weber.

(*Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXVII, p. 805.)

L'auteur décrit quelques associations minérales en particulier des cristaux d'*anatase* englobés dans du quartz. (C'est le *rutile* qu'on y rencontre fréquemment.)

Sur la Psilomélane; par M. Schmid.

(*Poggendorf's Annalen*, t. CXXVI, n° 9, p. 151. — *Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXVII, p. 94.)

L'auteur a analysé des échantillons de provenances et d'aspect très-divers.

	Elgersburg (Thuringe).	Ohrenstock (Thuringe).	Nadabula (Hongrie).
	D = 4,307	4,134	4,332
Protoxyde de manganèse	68,27	70,54	82,46
Peroxyde de fer	0,10	0,17	0,30
Alumine	0,31	0,21	0,08
Protoxyde de cobalt	»	»	0,29
Oxyde de cuivre	»	0,25	0,02
Oxyde de plomb	0,11	»	»
Baryte	17,27	10,92	0,005
Chaux	0,16	1,26	0,20
Magnésie	0,02	0,13	0,03
Potasse	»	0,21	3,05
Soude	0,08	0,25	0,22
Eau	4,84	5,86	3,21
Oxygène	8,15	10,09	9,87
Silice	0,51	0,32	»
	99,82	100,21	99,74

Sur la Kalicine; par M. PISANI.

(*Comptes rendus*, t. LX, p. 918.)

Nouvelle espèce minérale de Chypis en Valais; c'est un bicarbonate de potasse, $\dot{K}\ddot{C}^2$ + Aq, d'après l'analyse de M. Pisani, qui ne s'altère pas à l'air; il est de formation moderne, car on l'a trouvé dans les débris d'un arbre mort.

Sur le Chenevixite; par M. PISANI.

(*Comptes rendus*, t. LXII, p. 690.)

C'est une nouvelle espèce d'arséniate de cuivre (à ajouter aux onze qu'on a déjà distinguées) disséminée en petites masses compactes dans une roche quartzeuse du Cornouailles.

Sur l'Adamine; par MM. FRIEDEL et DES CLOIZEAUX.

(*Comptes rendus*, t. LXII, p. 692.)

C'est un arséniate hydraté de zinc isomorphe avec l'*olivénite* et la *libethenite* (cuivre arseniaté et phosphaté). Sa forme cristalline

est prisme rhomboïdal droit de 91° 33′, la composition chimique, aussi bien que les propriétés optiques, vérifient l'isomorphisme cristallographique.

Sur le Laurite; par M. Wöhler.

(*Comptes rendus*, t. LXII, p. 1059.)

Sa composition chimique est celle d'un sesquisulfure de ruthénium combiné ou mêlé avec du sulfure d'osmium : il provient d'un minerai de platine de Bornéo; c'est la première fois, d'après l'auteur, qu'on trouve un sulfure naturel des métaux du groupe du platine. Il forme des cristaux noirs très-brillants (octaèdres réguliers) qui rayent le quartz; sa densité est 6.99.

Sur les propriétés de la Blende hexagonale; par M. Sidot.

(*Comptes rendus*, t. LXIII, p. 188.)

L'auteur prépare ce minéral par la volatilisation du sulfure de zinc dans l'azote, l'acide sulfhydrique ou l'acide sulfureux. Si l'on opère sur une grande quantité de sulfure, on obtient, au lieu de gros cristaux, des nodules cristallins qui jouissent de la propriété d'être très-phosphorescents.

Sur la phosphorescence de la blende hexagonale; par M. Edmond Becquerel.

(*Comptes rendus*, t. LXIII, p. 142.)

Cette variété hexagonale est beaucoup plus phosphorescente que la blende ordinaire et prend par insolation une teinte jaune qui rappelle celle des composés de l'uranium.

Analyse d'un minerai de cuivre; par M. Ch. Mène.

(*Comptes rendus*, t. LXIII, p. 53.)

Cet échantillon provenant de Monte-Leccia, en Corse, semble être un cuivre panaché; sa composition correspond exactement à la formule



$$Fe\,Cu^2S^3.$$

5° MÉTÉORITES.

Expériences synthétiques relatives aux météorites; par M. Daubrée.

(*Comptes rendus*, t. LXII, p. 200, 369. — *Bulletin de la Société géologique de France*, t. XXIII, p. 291.)

L'auteur a examiné les produits de la fusion des météorites au point de vue de la composition minéralogique; il a réussi à reproduire la structure particulière de certains fers météoriques et même à imiter complétement certaines météorites pierreuses à l'aide du *péridot* et de la lherzolite, en soumettant les masses à une action réductrice. Des expériences ont été faites par un procédé inverse, c'est-à-dire par oxydation du siliciure de fer; il s'est produit du péridot cristallisé, associé à un silicate inattaquable comme le pyroxène, tandis que la majeure partie du fer s'est déposée, à l'état métallique, sous formes de grenailles. Il résulte de ces recherches que les roches magnésiennes du type *péridot* ont vraisemblablement autant d'importance dans la constitution du système planétaire que dans les régions profondes de l'écorce terrestre.

On se bornera ici à ces indications sommaires, l'auteur se proposant de donner un compte rendu plus détaillé de ses recherches dans un des prochains numéros des *Annales*.

Sur un fer météorique; par M. Haidinger.

(*Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXV, p. 71.)

Cette météorite pesant environ 100 livres, a été trouvée dans l'Inde (Dakotah) à plus de 90 milles anglais de toute habitation : M. Jackson, de Boston, en a examiné un échantillon : poids spécifique, 7,952; il contient :

Fer	91,736
Nickel	7,080
Phosphore	0,010

Les météorites de la collection de l'université de Göttingen; par M. Wöhler.

(*Götting. gel. Anz.*, 1864.)

Analyse d'une météorite; par M. Bořicky.

(*Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXVII, p. 808.)

Ce fer météorique vient de Carthago (Amérique du Nord).

Fe	Ni	Co	P	S	Si	Cl	Résidu insoluble.	Somme.
89,465	7,721	0,745	0,093	0,401	0,602	traces.	1,192	99,719

Sur la limonite pisolitique d'Imaro (Hongrie); par M. Pisani.

(*Comptes rendus*, t. LX, p. 919.)

On lui attribue une origine météorique; l'analyse y montre du nickel et du cobalt en quantité suffisante pour appuyer cette opinion.

Sur les météorites de Pillistfer, Buschhof et Igast en Livonie et Courlande (Dorpat, 1864); par MM. Grewinck et C. Schmidt.

Dans ce travail assez étendu, les auteurs donnent une description complète des météorites recueillies dans ces localités, ainsi que leur composition chimique. Ils présentent en outre quelques considérations relatives à la théorie de phénomène général qui comprend les chutes de pierre, les bolides et les étoiles filantes; enfin, une discussion sur leur origine planétaire.

Analyse et description des météorites de Nerft, Honolulu, Lixna, etc.; par M. Kuhlberg.

(*Archiv fur d. Naturkunde Liv., Ehst und Kurland*, t. IV, p. 1.)

Nouvelle météorite de Newton-County (Arkansas), présentant à sa surface du carbonate de chaux; par J. Laurent Smith.

(*Sillimans American Journal*, V. t. XL, *Sept.* 1865.)

M. Smith a reconnu à la surface de la météoride de Newton-County l'existence d'incrustations blanches dont la composition est celle du carbonate de chaux. L'auteur pense toutefois que ce minéral, qui n'a été reconnu dans aucune autre météorite, ne faisait pas partie de la masse au moment de sa chute, mais résulte des conditions auxquelles elle a été exposée depuis.

Chladnite de la météorite de Bishopville, reconnue comme pyroxène magnésien; par J. Laurent Smith.

(*Sillimans American Journal*, t. XXXVII, p. 224. Sept. 1864.)

Le minéral caractéristique de la météorite de Bishopville et désigné par M. Shepard sous le nom de *chladnite* consiste en un bisilicate de magnésie ayant la formule minéralogique du pyroxène magnésien et mieux encore de l'espèce que M. Kenngott a désignée sous le nom de *enstatite*.

Composition chimique et minéralogique de la météorite de Dhumrsalla; par le Rév. Samuel Haughton.

(*Proceedings of the Royal Society*, n° 85, 1866.)

Cette météorite, tombée le 14 juillet 1860, à Dhumrsalla dans le Punjab, présente cette circonstance remarquable qu'au moment de leur chute les fragments ayant été brisés, on trouva que leur intérieur était froid au point que les Indiens qui les ramassèrent ne purent les conserver dans la main. Toutefois la surface externe avait été fondue et frittée comme à l'ordinaire.

Voici la composition minéralogique de cette météorite :

Fer nickélifère	8,42	Fer. . . .	6,88
		Fickel.	1,54
Protosulfure de fer	5,61		
Fer chromé	4,16		
Chrysolithe (péridot ou olivine)	47,67		
Minéraux insolubles	»		
Dans l'acide chlorhydrique	34,14		
	100,00		

6° DIVERS.

Sur la fusion de la chaux carbonatée; par M. G. Rose.

(*Zeitschrift des deutschen geologischen Gesellschaft*, t. XV, p. 456). — (*Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXV, p. 364.)

L'auteur a répété, avec le concours de M. Siemens, la fameuse expérience de Hall; il a opéré dans des tubes de fer ou de porcelaine parfaitement fermés sur de l'*aragonite*, du calcaire *lithographique*, enveloppé de *craie*.

L'aragonite donna un vrai marbre de Carrare à gros grains; le calcaire transformé avait encore une structure grenue; quant à la craie, elle devint compacte et presque transparente sur les bords de la cassure.

Sur la Kainite de Stassfurt; par M. Reichardt.

(*Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXVI, p. 602.)

La composition de ce nouveau minéral correspond très-exactement à la formule



$$KO.SO^3 + MgO.SO^3 + 6HO.$$

Sur la présence de la magnésie dans l'aragonite; par M. Breithaupt.

(*Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXVI, p. 742.)

L'auteur cite l'*aragonite* d'Alsten-Moore en Cumberland comme environ 2 1/2 p. 100 de magnésie carbonatée d'après l'analyse de Clémens Winkler.

Les minéraux de la Suisse; par M. Kenngott.

(*Leonhard's Jahrbuch*, t. XXXVII, p. 592.)

C'est un petit ouvrage qui contient la description des principaux

minéraux de Suisse, leurs gisements, leurs associations, etc., qui pourrait servir utilement dans des excursions minéralogiques en Suisse.

Analyses diverses; sables granatifères de Pesaro; Thulite de Traversella; Bustamite de Vicentin; par M. PISANI.

(*Comptes rendus*, t. LXII, p. 100.)

La *Thulite*, variété rose de zoïsite, n'avait été rencontrée jusqu'ici qu'en Norwége. La *Bustamite* est un silicate de manganèse contenant une forte proportion de chaux qu'on a découverte en nodules au Mexique.

Sur un gisement de phosphate de chaux naturel dans l'Estramadure et sur des cristaux d'apatite de Jumiella; par M. de LUNA.

(*Comptes rendus*, t. LXIII, p. 220.)

Ce phosphate naturel contient 60 p. 100 de phosphate tribasique de chaux. Les cristaux d'apatite contiennent 1,75 p. 100 de cérium lanthane et didyme.

Sur la Gay-Lussite; par M. BLAKE.

(*American Journal*, t. XLII, p. 221.)

L'auteur donne une description cristallographique d'échantillons provenant du Little-Salt-Lake, près Ragtown (Névada), l'aspect et le développement des faces sont notablement différents de ceux qui ont été décrits.

Sur quelques minéraux formés dans une houillère, près de Dresde; par M. GROTH.

(*Sitzungs-Bericht der Naturwissenschaftlichen gesellschaft* Isis : 1867, p. 68.)

Les produits les mieux cristallisés sont le soufre, le Réalgar et le sel ammoniac.

7° TABLE.

Cristallographie et propriétés des cristaux.

Production des minéraux.

Silicates.

Divers.

ÉTUDE

SUR LES EAUX THERMALES DE LUXEUIL.

Par M. DORMOY, ingénieur des mines.

---

§ 1. *Origine des eaux minérales de Luxeuil.*

La partie Est du département de la Haute-Saône, dans laquelle se trouve la ville de Luxeuil, et les parties contiguës des départements du Doubs au sud-est et des Vosges au nord-est, sont très-accidentées tant sous le rapport de l'altitude du sol, qu'au point de vue de leur composition géologique.

Si l'on se dirige de Montbéliard vers Luxeuil au nord-ouest, on rencontre successivement les couches des trois étages du terrain jurassique (altitude 300 mètres dans la vallée de la Luzine), des trois étages du lias, du terrain keupérien, du muschelkalk, du grès bigarré, du grès vosgien et du grès rouge, relevées d'une manière de plus en plus marquée par le soulèvement du schiste de transition qui forme un îlot entre Chênebié et Melval, et dont l'altitude atteint 450 mètres; à cet îlot succèdent les mêmes terrains dans l'ordre inverse et avec des altitudes décroissantes; le dernier qui paraît au jour, et qui constitue la rive gauche du Rahin, est le keuper : il est recouvert ensuite par les terrains d'alluvion qui forment, à l'altitude de 280 mètres, une vaste plaine entre le cours du Rahin et celui du Breuchin, c'est-à-dire jusqu'à Luxeuil, sur une étendue de 20 kilomètres. Au bas de la colline sur laquelle est bâti Luxeuil, règne de nouveau le grès bigarré; et si l'on continue à suivre la même direction au delà de cette

ville, on voit le terrain interrompu à 5 kilomètres de distance, et avant le village de Fontaine, par la faille signalée par Thirria, sous le nom de *faille de Conflans*, qui le met en contact avec les couches du keuper et du muschelkalk.

Dans l'autre direction, si l'on part de Luxeuil pour se diriger vers le département des Vosges au nord-est, on rencontre successivement le grès bigarré, le grès vosgien, puis le porphyre, qui forme à la fois, près de Faucogney, des escarpements à l'altitude de 520 mètres, et constitue la vallée du Breuchin à celle de 368 mètres; enfin, le granite commun (altitudes, 712 mètres au Mont-de-Fresse, 1,203 mètres au Ballon de Servance), terrain après lequel on descend dans la vallée de la Moselle, à l'altitude de 400 mètres.

Les eaux minérales de Luxeuil doivent à la fois leur naissance aux deux soulèvements dont je viens de suivre les traces; mais leur existence est surtout intimement liée au soulèvement des Vosges. La grande chaîne des Vosges, qui règne depuis le département du Haut-Rhin, près de Belfort, jusqu'au duché des Deux-Ponts, sur une étendue de 200 kilomètres, est formée de granite à grains fins ayant à sa base des lambeaux de granite porphyroïde, qui paraît d'avoir percé en plusieurs endroits et dont le soulèvement a dû accompagner, ou, si l'on veut, causer celui de la grande masse. Les terrains ignés n'ont pas d'âge de formation positif, puisqu'ils ont toujours fait partie intégrante de la masse terrestre, et l'on ne peut leur assigner qu'un âge relatif, qui est celui de leur épanchement ou de leur soulèvement dans la position qu'ils occupent actuellement. Le soulèvement des Vosges se place, d'après la nomenclature de M. Élie de Beaumont, entre la période de dépôt du grès vosgien, à laquelle il a mis fin, et celle de dépôt du grès bigarré et du muschelkalk. Lors du dépôt du grès bigarré, le grès vosgien, terrain très-tourmenté, tant dans sa

structure, puisqu'il ne renferme aucun débris organique, que dans sa position, était déjà émergé du sein des eaux, et y formait les hauteurs et les escarpements au pied et autour desquels s'est déposée, pendant une période tantôt calme et tantôt agitée une série de couches, les unes arénacées, les autres argileuses, formées aux dépens du grès vosgien lui-même. C'est l'ensemble de ces couches, avec leurs alternances, qui constitue l'étage du grès bigarré et celui du muschelkalk.

Le grès bigarré était donc complétement déposé au moment du premier soulèvement dont j'ai parlé plus haut, qui est celui de la chaîne de la Côte-d'Or. Ce soulèvement se dirige du nord-est au sud-ouest, et c'est lui qui a dû, comme l'indique Thirria, dans son ouvrage sur la géologie de la Haute-Saône, donner naissance aux nombreuses failles parallèles qui sillonnent les terrains de ce département. S'il n'a pas été lui-même la cause première de ces cassures, il en est du moins contemporain, et a dû être formé par la même cause qu'elles. Or l'une de ces failles, celle de Conflans, dont j'ai parlé tout à l'heure, ne passe qu'à 5 kilomètres de Luxeuil, et affecte le terrain de grès bigarré; elle n'est certainement pas étrangère à l'émergence des sources minérales dans cette région.

L'épaisseur des terrains tertiaires qui recouvrent ici le granite doit être faible, ainsi que le prouvent mille indices, et les failles se prolongent indubitablement jusqu'à cette roche, qui doit offrir dans sa masse une série de cassures, auxquelles correspond encore le relief actuel du sol.

Les eaux minérales de cette région viennent d'une profondeur assez grande; l'on sait que Luxeuil n'est que l'un des points d'émergence de ces eaux, et que tout autour de lui se groupent les nombreuses stations composant la quatrième région hydro-minérale, laquelle s'appuie à gauche sur le massif granitique des Vosges, et à droite sur celui de la Forêt-Noire. Sans vouloir poursuivre l'assimila-

tion ou rechercher l'origine commune de toutes ces sources de composition très-différente, on peut affirmer cependant que les sources chlorurées sodiques de Reherrey, Luxeuil, Plombières, la Chaudeau, Bains et Fontaines-Chaudes, qui émergent toutes dans un rayon de 18 kilomètres, qui ont des compositions, des températures et des hauteurs de jaillissement analogues, doivent sortir du même terrain et être produites au jour par la même cause. Or leur température élevée, qui atteint 52° à Luxeuil, 46° à Bains, 70° à Plombières, prouve qu'elles viennent d'une grande profondeur, infiniment supérieure à l'épaisseur que peuvent présenter les terrains sédimentaires, non-seulement ici, mais à une très-grande distance : il faut donc admettre qu'elles sortent du granite même. Cette origine est d'ailleurs confirmée par la présence constante du granite ou du porphyre à une faible distance du point où sourdent toutes les eaux ci-dessus citées, remarque due en principe à M. Thirria.

Ainsi, à Luxeuil, les sources se trouvent à 8 kilomètres du terrain granitique de Saint-Bresson; à Fontaines-Chaudes, elles sont à 5 et 6 kilomètres des affleurements granitiques de Harsault et de Bains; à la Chaudeau, les eaux sortent du grès vosgien, mais le granite se trouve sous cette roche à une très-faible profondeur, et se montre même au jour dans le lit du ruisseau de la Sémouse; à Bains, elles sourdent à 3 kilomètres seulement d'un pointement granitique existant dans le grès vosgien, sur le territoire de Fontenois-le-Château; au Reherrey, tout le terrain au jour est du granite ordinaire ou porphyroïde; enfin, à Plombières, seule localité où l'on ait exécuté des travaux souterrains dépassant les couches du grès bigarré ou du grès vosgien, on a trouvé les griffons thermaux sortant de la masse même du granite.

Les fentes ou cassures existant dans une roche granitique donnent presque toujours naissance à des filons; il doit en

être particulièrement ainsi dans cette région, témoin d'un bouleversement si puissant : on devra donc trouver des filons dans le voisinage de toutes les stations d'eaux minérales de cette région ; et, si l'on admet que le soulèvement du granite des Vosges ait été causé ou accompagné par un immense épanchement de granite porphyroïde, roche inférieure à lui, la masse de ces filons devra être formée de dépôts cristallins plutôt que d'éléments métalliques. Et en effet, à Plombières, ainsi que l'annonce M. Jutier, ingénieur des mines, les recherches faites au sein de la roche granitique, quoique ne dépassant pas une certaine profondeur, ont montré, non-seulement que les griffons d'eau minérale étaient accompagnés de filons, mais encore que chaque émergence d'eau distincte était, pour ainsi dire attachée à un filon particulier : le spath fluor, le quartz, l'halloysite, le sulfate de baryte, sont les minéraux les plus habituels de ces filons. A Bains, à Fontaines-Chaudes et à la Chaudeau, on trouve des cristaux de sulfate de baryte et de quartz tapissant intérieurement les fentes du granite, ou celles des grès par lesquelles arrivent au jour les eaux minérales. Au Reherrey, la source minérale se trouve, sur le prolongement d'un filon de quartz et de fer oligiste. Aux environs de Luxeuil enfin, l'on trouve, à 14 kilomètres au nord-est, sur le territoire de Faucogney, un filon de quartz contenant de la galène argentifère ; un autre de cobalt arséniaté terreux, et un troisième de bioxyde de manganèse qui a été exploité quelque temps ; on connaît à Saint-Bresson, à 10 kilomètres environ des sources, deux filons de quartz mélangé de chaux fluatée et contenant de la galène ; plus près encore des sources, on rencontre fréquemment le sulfate de baryte dans le grès bigarré, et l'on connaît enfin, à quelques pas de l'établissement, un filon de jaspe traversant le grès bigarré. Ainsi, les filons et les sources minérales, toujours associés ensemble, ne sont ici que les effets d'une même cause déterminante, le soulèvement et la frac-

ture de la roche granitique qui les contient. Les failles ou fractures de la roche granitique ayant généralement donné naissance à des vallées et par suite à des cours d'eau, et les roches sédimentaires ne s'étant pas déposées sur une épaisseur assez considérable pour altérer ce relief du terrain, chacune des stations thermales que j'ai passées en revue se trouve placée dans une petite vallée qu'elle semble destinée à animer, et qui est toujours perpendiculaire à la grande arête de soulèvement, à l'axe granitique formant la rive gauche de la Moselle. Ainsi, les sources du Réherrey se trouvent dans la vallée de ce nom; celles de Plombières, dans la vallée de l'Augronne; celle de la Chaudeau, dans la vallée de la Sémouse; celle de Bains, dans la petite vallée du Baignerot; celles de Fontaines-Chaudes se trouvent sur un autre affluent du ruisseau le Coney; enfin celles de Luxeuil correspondent à la vallée du Breuchin.

Le granite n'étant composé que d'éléments presque insolubles, et ne pouvant rien ou presque rien céder aux eaux qui le traversent, les sources qui se montrent au jour immédiatement en sortant des fissures de sa masse, ne devront guère contenir d'autres éléments minéraux que ceux qu'elles possédaient déjà avant d'y pénétrer, et qu'elles ont dû emprunter aux couches supérieures, encore inconnues à travers lesquelles elles ont filtré d'abord; elles n'auront donc jamais qu'une faible minéralisation. Au contraire, les sources qui, en sortant du granite, traversent avant d'arriver au jour une certaine épaisseur de grès vosgien et de grès bigarré, devront être chargées des principes minéraux solubles existant dans ces roches, et en contenir une proportion d'autant plus forte, à égalité de leur température, que l'épaisseur de ces terrains traversés sera elle-même plus grande.

Cette loi pourrait être modifiée si les émanations gazeuses que les eaux rencontrent dans les entrailles de la terre leur avaient cédé beaucoup d'éléments minéraux,

mais elle se vérifie au contraire très-bien, ce qui tendrait à prouver que, dans cette région, l'action de ces émanations sur les eaux infiltrées est plutôt physique que chimique.

En effet, les eaux de Plombières, qui sortent immédiatement du granite, ne contiennent par litre que $0^{gr},10$ à $0^{gr},59$ de substances minérales solides, soit $0^{gr},30$ pour la source du Crucifix qui est, pour sa température (43 degrés), la plus comparable avec celle que je vais citer : les eaux de Fontaines-Chaudes qui n'ont que 25 degrés, et qui jaillissent du pied d'un escarpement de grès vosgien produit par une faille, tiennent par litre $0^{gr},46$; celles de Bains, qui ne traversent qu'une faible épaisseur de terrains solubles, contiennent $0^{gr},48$ de principes minéraux ; enfin les eaux de Luxeuil, qui traversent une épaisseur de terrains sédimentaires encore très-faible au point de vue géologique, mais considérable relativement aux précédentes, et au point de vue de la dissolution chimique, en accusent une proportion beaucoup plus forte, qui pour plusieurs d'entre elles dépasse 1 gramme, et qui atteint $1^{gr},15$ pour la source sud des Bénédictins, dont la température est de 43 degrés. Dans cette gradation, le principe minéral dont la proportion augmente le plus est le chlorure de sodium, substance que le grès vosgien et le grès bigarré peuvent céder le plus facilement ; à Plombières, il est en proportion presque nulle, tandis qu'il forme : à Fontaines-Chaudes 21 p. 100, à Bains 17 p. 100, et à Luxeuil de 50 à 66 p. 100 du résidu fixe (64 p. 100 pour la source sud des Bénédictins).

Ainsi, les eaux minérales de Luxeuil, que l'on voit sourdre du grès bigarré, viennent réellement du granite. Il y a certainement dans cette roche infiniment moins de cassures différentes qu'il ne s'en trouve dans les terrains supérieurs ; peut-être n'en existe-t-il qu'une seule ; en tout cas les eaux qui en proviennent se ramifient dans tous les sens en suivant dans leur marche ascendante les lignes de moindre résistance qu'elles rencontrent. Elles suivent le cours des

failles et cassures du terrain, qui à Luxeuil sont toutes dirigées du sud au nord. Cette direction nord est celle des fissures d'émergence sur lesquelles sont posés les tubes de captage, ainsi que celle de la galerie du Temple, par laquelle on a capté la source ferrugineuse, et de la faille qui la confine à l'est; c'est celle où se présentent les sources ordinaires énoncées ci-dessus, ainsi que celle du ruisseau qui alimente la turbine, et du canal d'écoulement Pajot, qui marque la ligne de plus grande pente du terrain.

Dans un faible rayon autour de l'établissement, les eaux minérales ont trouvé vers la surface un grand nombre d'issues différentes; d'après l'énumération qui fera l'objet du § 3, ces points d'émergence sur lesquels on les a recueillis sont au nombre de 25 à 30. On doit donc penser qu'il n'y aurait plus avantage à créer par des recherches des points d'émergence nouveaux : en faisant jaillir une source là où il n'y en avait point, l'on n'obtiendrait qu'un succès apparent, car l'eau n'arriverait d'un côté qu'en diminuant de l'autre, et peut-être dans une plus forte proportion. Dans maintes stations thermales, les Romains avaient adopté le système inverse; ils bouchaient complétement avec des couches de béton les sources les moins importantes, afin de donner plus de vigueur aux autres, de même qu'un habile jardinier émonde les petites branches des arbres pour donner à la séve un libre cours vers les rameaux les plus puissants. Pour augmenter le débit total des sources de Luxeuil, il faudrait entreprendre un travail d'une tout autre nature, que j'indiquerai dans le § 7.

L'exposé qui précède ne s'applique qu'aux sources thermales qui ont pénétré profondément dans les entrailles de la terre, et qui sont du reste, sinon les plus importantes au point de vue médical, du moins les plus intéressantes au point de vue géologique. Il me reste à parler de l'origine des sources ferrugineuses : il en existe deux à Luxeuil, dont l'une est tempérée et l'autre thermale.

La source ferrugineuse tempérée consiste en un nombre infini de petits suintements qui sourdent à travers toutes les fissures de la roche du grès bigarré, lorsqu'on entaille celle-ci, et qui n'ont aucune tendance à prendre un niveau hydrostatique supérieur à celui du terrain encaissant; ils se présentent à la température de 24 degrés, celle de l'air étant 18 à 20 degrés. Ils ont donc tous les caractères des eaux qui ne viennent pas de la profondeur, mais qui résultent d'infiltrations superficielles, et ils doivent résulter, en effet, des infiltrations de l'eau pluviale dans le terrain du grès bigarré, qui règne dans un rayon de 10 à 15 kilomètres tout autour de Luxeuil, et dans les terrains supérieurs. Ils sont mélangés de quelques griffons thermaux qui sortent du grès et qui remontent de bas en haut à travers les terrains sédimentaires, en s'y chargeant également de fer.

La formation du grès bigarré se compose, à Luxeuil, d'une alternance de couches de grès et d'argiles; le grès, diversement coloré, est une agglomération de grains de quartz réunis par un ciment argileux contenant du silicate de fer; souvent ce ciment est fondu dans la pâte; souvent, au contraire, il s'est concentré suivant des surfaces concentriques, interrompues ou non. Le grès qui constitue le sous-sol des thermes, et à travers lequel surgissent les eaux minérales est blanc grisâtre, tendre et à gros grains; il contient une forte proportion de mica, et sous l'action très-longtemps prolongée de l'humidité, il se transforme, en une masse argileuse blanc verdâtre, dans laquelle on n'aperçoit plus les lamelles de mica, et qui ne diffère de l'argile pure que par une certaine rudesse au toucher: ces bancs de grès possèdent une inclinaison générale de 5 à 20 degrés vers le sud-ouest. L'argile est tendre, ferrugineuse également, et forme des bancs dont l'épaisseur atteint jusqu'à 1 mètre. Ce terrain est recouvert sur une hauteur de 6 à 7 mètres par des atterrissements et des dépôts récents.

L'eau d'infiltration, après s'être chargée de la petite quan-

tité du fer qu'elle a pu dissoudre, est donc arrêtée dans sa course descendante par les couches d'argile imperméable, et elle se montre au jour lorsqu'on lui offre une issue en entaillant la roche qui la contient. Comme cette roche n'offre point de grands escarpements, l'eau n'a pas non plus de force de jaillissement.

Dans le parc de l'établissement de Luxeuil, l'eau, à cause du relief du terrain, vient en plus grande abondance du côté de l'est que de tous les autres.

Le grès bigarré des environs de Luxeuil ne reçoit pas directement les eaux pluviales sur toute sa surface; depuis Luxeuil jusqu'au cours du Rahin, au delà de Lure, à 20 kilomètres au sud-ouest, et sur une largeur moyenne de 10 kilomètres, il est recouvert par les terrains modernes, qui règnent ainsi sur une superficie de 200 kilomètres quarrés. Or, en maints endroits du département, on voit l'argile diluvienne de ce terrain moderne renfermer des amas et des nids de minerai de fer qui provient du terrain de minerai de fer pisiforme, remanié par les eaux. Ces gisements de fer, assez importants dans le pays pour avoir reçu un nom, et que l'on nomme gisements diluviens, ont même été exploités sur un très-grand nombre de points, notamment dans les cantons de Gy, Rioz, Scey-sur-Saône, Champlitte, Vesoul, Héricourt, Vauvillers, Villersexel, Montbozon, Jussey, Noroy et Saulx. S'il n'y en a aucun d'exploité dans le terrain diluvien des environs de Luxeuil, on y rencontre cependant à chaque instant des fragments de minerai de fer et de manganèse, de même qu'on trouve partout sur le sol des fragments de grès bigarré imprégnés d'oxyde de fer et d'oxyde de manganèse; à Faucogney, à 15 kilomètres de Luxeuil, ces gisements sont assez importants pour avoir été autrefois exploités comme minerais de manganèse. Ces faits expliquent la présence, dans l'eau ferrugineuse de Luxeuil, d'une proportion de manganèse qui atteint un tiers de la quantité de fer; et qui, sans doute, contribue puissamment à son efficacité. Une partie de

cette eau pourrait également avoir traversé le muschelkalk et le terrain keupérien qui recouvrent le grès bigarré au sud de Luxeuil, et s'étendent au sud-est jusqu'aux hauteurs formées par le soulèvement du terrain de transition, à 30 ou 40 kilomètres.

Il y a, dans le département, d'autres exemples analogues de sources ferrugineuses froides provenant d'infiltrations peu profondes. Ainsi, à Neuvelle-les-la-Charité, l'on a recueilli et capté une eau ferrugineuse qui se minéralise par son passage à travers le dépôt argilo-sablonneux moderne, contenant des gîtes de minerai de fer diluvien; on a fait de même à Étuz. Mais ces sources sont très-faiblement minéralisées, ce qui se comprend à cause de la difficulté que l'eau doit avoir à s'assimiler l'élément ferrugineux; la minéralisation est rendue infiniment plus facile par le voisinage, même sans mélange, de griffons thermaux; car ceux-ci décomposent la roche de grès bigarré et en font sortir, dans un certain rayon tout autour d'eux, de l'acide carbonique qui donne aux eaux la propriété de dissoudre le fer et le manganèse qu'elles peuvent rencontrer. Cette condition est parfaitement remplie à Luxeuil, où il existe des sources thermales dans le voisinage de la source ferrugineuse froide, et il y a même dans l'atmosphère un tel excès d'acide carbonique aux environs des roches de grès bigarré que ce gaz vient se déposer de lui-même dans une éprouvette que l'on abandonne pendant quelques jours à leur surface, observation due à M. Descos, ingénieur des mines.

Il en est de même dans la plupart des stations thermales de la région Est de la France; et c'est ainsi que, même dans celles qui ne possèdent à proprement parler que des sources salines, comme à Plombières, le voisinage de ces sources a rendu possible la dissolution de quelques éléments métalliques dans un filet d'eau, auquel on peut ainsi appliquer le nom si recherché de ferrugineux.

La coïncidence du jaillissement n'est pas d'ailleurs l'effet

du hasard ; il y a une raison pour que les sources d'infiltrations superficielles viennent souvent se montrer au jour à proximité des sources thermales, qui proviennent d'infiltrations profondes. Il suffit, en effet, qu'il existe à une petite profondeur une couche imperméable qui sépare les premières eaux des secondes, comme peuvent le faire à Luxeuil les bancs d'argile qui font partie intégrante du grès bigarré, et que cette couche vienne à être interrompue dans son cours par le relief du sol, ou plus fréquemment par une faille ou cassure ou par une série de cassures parallèles et solidaires ; les eaux thermo-minérales pourront alors s'élever jusqu'au jour en leur point d'émergence, à proximité des eaux d'infiltrations peu profondes, ferrugineuses ou autres, qui y descendront de leur côté, et par la même raison, à côté des eaux ordinaires formant les sources pures et les ruisseaux du pays. Cette coïncidence est souvent un obstacle au captage des eaux thermales, qu'il faut d'abord isoler des autres ; cette difficulté s'est présentée à Plombières, où les Romains ont fait de gigantesques travaux pour la surmonter, à Luxeuil dans le captage des sources ferrugineuses, à Enghien où l'une des sources sulfureuses émerge sous le lit du lac, et dans maintes autres stations thermales.

Les eaux thermales de Luxeuil offrent un exemple bien remarquable de cette coïncidence, qui n'y est pas seulement double, mais quadruple. En effet, les sources minérales jaillissent de tous côtés du grès bigarré, sous l'établissement et dans le parc. Dans la partie nord de celui-ci, elles se trouvent associées aux filets d'eau ferrugineuse provenant d'infiltrations superficielles : cette association par voisinage est si intime que les anciens avaient respecté ce mélange d'eaux d'origines différentes, comme un présent sacré de la déesse Bricia, et l'avaient même favorisé et complété en amenant les filets qui restaient isolés dans leur tube de captage, nommé depuis puits romain. Mais ce n'est pas tout : à 60 mètres du puits romain sort des fissures

du grès bigarré une autre source d'origine et de nature tout à fait différente : c'est celle que l'on a nommée Eugénie. Ses eaux sont à peine minéralisées, mais jouissent de propriétés thermales ; et, ce qui suffit pour prouver que son origine est toute différente de celle des eaux minérales et des eaux ferrugineuses, cette source s'élève, par suite de sa force de jaillissement, jusqu'à 6 mètres au-dessus du niveau de la roche. Enfin, à une faible distance vers le nord, se montrent au jour un très-grand nombre de sources ordinaires, qui sortent des terrains diluviens ; ce sont : à 1 kilomètre et 1^{k},5, au nord-est, les fontaines Magny et l'Évêque ; à 2 kilomètres au nord et 3 kilomètres au nord-ouest, les fontaines Leclerc et du Miroir, qui fournissent l'eau alimentant la turbine de l'établissement ; à 3 kilomètres au nord, la fontaine d'Apollon et une foule d'autres. L'origine de ces sources d'eau ordinaire est encore toute différente des précédentes, mais toutes doivent la cause déterminante de leur jaillissement à une série de failles ou cassures dirigées du nord au sud, et produites à la fois dans le granit, le grès bigarré et les terrains diluviens. Cette quadruple rencontre est peut-être l'exemple le plus remarquable que l'on puisse citer de la coïncidence dans le jaillissement d'eaux de nature et d'origines différentes.

§ 2. *Sources diverses de Luxeuil.*

On connaît, à l'établissement ou dans le parc de Luxeuil, vingt-cinq à trente points différents d'émergence de sources. Il y en a vingt-cinq portées sur un ancien plan de l'année 1760, retrouvé dans les archives de l'abbaye ; depuis cette époque, on en a trouvé plusieurs nouveaux ; d'autres se sont perdus, et j'en ai précisément encore vingt-cinq à citer dans l'exposé qui va suivre. Mais il s'en faut de beaucoup qu'il y ait un aussi grand nombre de sources différentes ; ce nombre est d'abord réduit à dix-sept par la classification

que je présente, et qui est due plutôt à un antique usage, légèrement modifié, qu'à des considérations bien logiques; diverses comparaisons me permettront ensuite de réduire encore plusieurs sources en une seule, quand j'aurai fait connaître les éléments principaux de chacune d'elles.

Je vais donc énumérer brièvement les dix-sept sources, et indiquer la position de leurs points d'émergence, la hauteur à laquelle elles s'élèvent par rapport à un repère commun, leur température et leur débit. Je donnerai ici un résumé des expériences et des analyses qui ont été faites en 1857, à Luxeuil, par M. le docteur Leconte, en indiquant, d'après les essais complémentaires que j'ai faits moi-même en 1866, ceux des éléments qui ont varié depuis lors, et en donnant les résultats analogues pour les sources qui n'étaient pas encore captées en 1857.

1° *Source de l'aqueduc.* — Je proposerai de nommer ainsi l'ensemble de deux filets d'eau qui sont captés l'un près de l'autre dans les parois de l'aqueduc d'écoulement des eaux des bains, et qui ont à très-peu près la même composition, la même température et la même hauteur de jaillissement. L'un de ces filets d'eau se rend à la piscine des Bénédictins, et avait été classé jusqu'à présent avec la source de ce nom; de même l'autre filet, qui est conduit à la piscine du Bain gradué, avait été classé avec les trois autres sources de ce bain; la division actuelle me paraît plus logique et plus claire.

Filet n° 1. — Il a son tube de captage sur la paroi gauche (par rapport au fil de l'eau) de l'aqueduc d'écoulement des eaux, dans la grande cour, et à 1 mètre du mur qui sépare la galerie vitrée de cette cour. Son eau s'élève naturellement à $0^m,40$ au-dessous du plan de repère commun, qui passe au niveau du dallage du vestibule central. Cette eau est conduite à la piscine des Bénédictins, où elle pénètre par le tambour central; sa température est de 44°,6 dans le tube de captage, et de 42° à son arrivée à la piscine.

Son affluence, qui était de 6.826 litres en 1857, n'a plus été trouvée par moi que de 6.129 litres en juin 1866; ce qui représente une diminution de 10 p. 100.

Filet n° 2. — Il a son tube de captage sur la paroi droite (par rapport au fil de l'eau) du même aqueduc, dans la cour et à 1 mètre en amont du précédent. L'eau s'élève, dans le tube de captage, à 0m,43 au-dessous du repère commun. Sa température, prise dans le tube de captage, est de 45°,1; mais à son arrivée à la piscine du Bain gradué, où elle se rend après un parcours de 15 mètres, elle n'est plus que de 43°,8. Son affluence était, en 1857, de 68.880 litres en vingt-quatre heures; elle n'a plus été trouvée, en 1866, que de 11.446 litres; au moins telle est la quantité effective de l'eau qui arrive au réservoir, tandis que le premier chiffre exprimait probablement le rendement de la source à son point d'émergence. (Voir § 4.) La différence de 57.004 litres ne représente donc pas seulement une diminution survenue depuis l'année 1857, mais aussi la perte beaucoup plus grande qui s'opère par suite de la compression forcée que l'eau exerce sur elle-même dans son tube de captage. Le rendement total de la source de l'aqueduc est ainsi de 17.575 litres.

2° *Source des Bénédictins.* — Elle a son point d'émergence et son tube de captage sous le pied droit méridional de la porte du Vestiaire des Dames, dans le bain qui porte son nom. L'eau s'élève à 0m,41 au-dessous du repère, et est conduite à la circonférence de la piscine. Sa température est de 37°,8 dans le tube de captage; son affluence, qui était de 10.656 litres en vingt-quatre heures en 1857, a été trouvée en 1866, réduite à 8.063 litres, ce qui représente une diminution de 24 p. 100.

3° *Source du Bain Gradué.* — Cette source se compose de trois filets d'eau qui sont captés isolément; je leur conserverai les n° 2, 3 et 4 que leur a donnés M. Lecomte.

Quant au filet qu'il avait nommé n° 2, il n'est autre que le n° 2 de la source de l'aqueduc.

Filet d'eau n° 1. — Il a son tube de captage au centre de la piscine; sa température au haut de ce tube a été trouvée, en 1857, de 36°,4.

Filet n° 3. — Son tube de captage est situé dans le vestiaire de l'est, destiné aux dames.

Filet n° 4. — Son tube de captage se trouve sous la baignoire du cabinet n° 10, lequel est situé le long de la paroi nord de la salle, et contigu au vestiaire de l'est. Ce tube, après sa jonction avec celui du filet n° 3, vient déboucher dans la colonne centrale qui contient déjà le tube de captage des deux autres filets d'eau.

A cause de cette circonstance, il a été impossible de mesurer isolément la température des deux derniers filets n°ˢ 3 et 4. Le mélange de leurs eaux et de celle du n° 1, à sa sortie au sommet de la colonne du centre de la piscine, avait en 1857 une température de 40°,3. Je n'ai plus trouvé cette même température que de 38 degrés. Il y a donc une diminution de 2°,3, en faisant porter également cette diminution sur les températures prises dans les tubes de captage, qui n'ont pu être mesurées en 1866, on voit que celle du filet n° 1, doit être réduite de 36°,4 à 34°,1. De plus, le filet d'eau n° 3, qui communique directement sous terre avec le n° 1 doit avoir cette même température, 34°,1, ce qui suppose que celle du n° 4 considérée isolément, qui n'a pu être mesurée ni en 1857 ni en 1866, devait être, en 1857, de 44 degrés, et en 1866, de 42 degrés environ.

L'eau des trois filets n°ˢ 1, 3 et 4 s'élève seulement à 1ᵐ,02 au-dessous du repère. Le rendement de chacun d'eux n'a pu être mesuré isolément; le rendement des trois réunis était, en 1857, de 38.240 litres en vingt-quatre heures; mais en 1866, il était réduit à 11.446 litres effectifs, ainsi que je l'exposerai en détail au § 4.

4° *Source des Dames*. — Cette source est l'une des plus

importantes de l'établissement, au point de vue de son débit et des usages nombreux auxquels elle est employée. Son tube de captage est situé au milieu même de la piscine qui porte son nom; son eau s'élève jusqu'à 0m,10 au-dessus du repère. Sa température est de 42°,4 dans le tube de captage et de 39°,3 seulement dans la piscine (1857). Je l'ai trouvée de 39°,4 dans le réservoir, au moment où celui-ci était plein. Le rendement de la source, qui était en 1857 de 51.840 litres, n'était plus en 1866 que de 48.767 litres en 24 heures, ce qui représente une diminution de 3.073 litres ou 6 p. 100 : une partie de cette eau peut alimenter la piscine des Dames; mais la presque totalité se rend dans le réservoir du même nom.

5° *Source des Fleurs.* — On peut réunir sous ce nom les deux filets d'eau ci-après :

Filet de l'Est. — Son tube de captage est dans le cabinet n° 5, lequel occupe la paroi ouest du Bain des Fleurs; l'eau s'y élève à 0m,78 au-dessous du repère. Sa température (1857) est de 37°,6; son rendement, de 2.088 litres en 24 heures. On donne aussi à ce filet de l'Est le nom de source Gélatineuse.

Filets de l'Ouest. — Il y en a deux, dont les tubes de captage sont, au nord-ouest du précédent, à 5 mètres et à 2 mètres en dehors du mur de clôture ouest du bâtiment; ils se réunissent en un seul, dans lequel l'eau s'élève à 0m,64 au-dessous du repère. Elle y possède (1857) une température de 32°,8, et son rendement est de 5.760 litres. Le rendement total de la sources des Fleurs est ainsi de 7.848 litres en 24 heures. Elle se rend dans le bassin de recette et de là dans le réservoir qui tous deux portent son nom.

6° *Source d'Hygie.* — Son tube de captage est situé dans le parc à 26 mètres au nord-ouest de l'angle N.-O. de l'établissement, et au fond d'un puits quarré assez profond; l'eau s'y élève à 0m,55 au-dessus du repère. La tempéra-

ture est de 29°,3 dans le tube en 1857 dans la petite vasque qui est en dessous de sa buvette à 20 mètres de l'établissement. Son rendement est de 5.944 litres. Elle est recueillie dans un réservoir établi près de son tube de captage.

7° *Source du Grand-Bain.* — Cette source se compose des deux filets ci-après :

Filet n° 1 ou de l'Ouest. — Il a son tube de captage à droite de la colonne nord du portique qui communique du Grand-Bain au Bain Impérial. L'eau s'élève à 0m,36 au dessous du repère ; sa température, qui était en 1857 de 50°,4 dans le tube et de 49°,6 dans un petit bassin de fumigation qu'elle alimente, a été trouvée en 1866 de 51°,6 dans le tube. Son rendement qui en était de 15.984 litres en 1837, a été trouvé de 1.500 litres en 1866.

Filet n° 2 ou de l'Est. — Son tube de captage est situé près du petit escalier par lequel on descend dans le réservoir du Grand-Bain ; l'eau s'y élève à 0m,36 au-dessous du repère. Sa température, qui était en 1857 de 51°,5 dans le tube et de 49°,4 dans un petit bassin de fumigation où elle se rend, était en 1866 de 51°,7 dans le tube. Son affluence est de 23.000 litres au lieu de 24.192 en 1857.

La source du Grand-Bain donne donc en tout 38.000 litres en 24 heures au lieu de 40.176 en 1857; diminution 2.176 ou 5 p. 100; elle est recueillie dans le réservoir qui porte son nom.

8° *Source des Cuvettes.* — Son tube de captage se trouve vers le milieu du côté sud du réservoir de cette source ; l'eau s'y élève à 0m,20 au-dessous du repère. Sa température est de 42°,4 dans le tube de captage (42°,5 en 1857), de 41°,4 dans le réservoir et de 41 degrés à la Cuvette. Elle est recueillie dans le bassin dit des Cuvettes : son rendement, qui était en 1857 de 19.941 litres en 24 heures, n'est plus en 1866 que de 13.553 ; il y a donc une diminution de 32 p. 100.

9° *Source nouvelle.* — Elle a son point d'émergence et son tube de captage dans le cabinet n° 9 du bain ferrugineux; son eau peut s'élever jusqu'à 0m,20 au-dessous du repère. Sa température est de 41 degrés et son rendement, qui n'a pas été mesuré en 1857, est en 1866 de 3.907 litres en 24 heures. Cette source, très-peu importante, et dont le point d'émergence est situé plus bas que le réservoir des Cuvettes, n'est recueillie dans aucun réservoir; mais on l'utilise en la faisant contribuer à l'alimentation encore chaude de la piscine de famille n° 6, située, comme elle-même, dans le bain ferrugineux.

10° *Source des Capucins.* — Elle se compose de quatre filets différents.

Filet n° 1, ou du Sud. — Son tube de captage est placé sous le revêtement en dalles formant la paroi de la salle au midi, près de la lingerie. L'eau s'y élève à 0m,91 en dessous du point de repère; sa température, prise dans le tube au point où il débouche dans la piscine, est de 37°,6, au lieu de 34°,6 en 1857, et son rendement était en 1857 de 6.393 litres en 24 heures.

Filet n° 2. — Il a son point d'émergence dans la paroi *est* d'un puits quarré creusé dans la roche sous la petite galerie vitrée contiguë au bain des Capucins, à son extrémité *est :* son eau s'élève à 0m,91.

Filets n°s 3 et 4. — Ils ont leur point d'émergence et leur tube de captage, l'un dans le cabinet du bain nord-est, et l'autre entre les piscines et le cabinet des Vestiaires. Leur eau s'élève à 1m,16 pour le premier, 0m,91 pour le second, au-dessous du repère : la température des trois filets n°s 2, 3 et 4 mélangés est de 40°,8 à leur sortie du tube, au lieu de 38°,9 en 1857; leur rendement était en 1857 de 34.128 litres, ce qui donne, pour la source entière des Capucins, 40.521 litres en 24 heures; mais le jaugeage de l'eau arrivant à la piscine n'a plus donné en 1866, comme je le dirai plus loin, qu'un volume de 12.537 litres, ce qui représente

une perte de 69 p. 100. Cette source alimente uniquement la piscine des Capucins.

11° *Source pour les yeux.* — Son tube de captage est situé dans la cour d'entrée, en face du péristyle, un peu au sud du point où elle jaillit extérieurement; l'eau s'y élève à 0^{m},67 au-dessous du repère. Sa température est de 39 degrés dans le tube (1857) et son rendement de 450 litres seulement en vingt-quatre heures, au lieu de 1.926 en 1857.

12° *Source des Abeilles.* — Son tube de captage est situé à 1^{m},50 à l'ouest des colonnes ouest du portique d'entrée, devant le pérystile; l'eau s'y élève à 0^{m},65 au-dessous du plan de repère. Sa température est de 31°,3 (1857), mais son rendement est presque nul; importante autrefois, cette source a presque disparu par suite des travaux immenses exécutés à l'établissement en 1768 : elle ne donne en vingt-quatre heures que 360 litres, qui d'ailleurs ne sont pas recueillis au sortir du tube de captage.

13° *Source savonneuse.* — Son tube de captage est situé dans l'angle formé par les deux ailes de l'établissement. L'eau y était autrefois abondante et surtout très-célèbre; car, pendant l'épidémie de dyssenterie qui désola la Franche-Comté en 1719, l'affluence des malades y fut si grande qu'il fallut placer des gardes pour régulariser la distribution de l'eau. Depuis les travaux de 1768, cette source a presque entièrement disparu comme la précédente, et le peu d'eau qu'elle donne n'est plus recueilli.

14° *Source de Labienus.* — Cette source coule dans un aqueduc de construction ancienne découvert en 1857 par M. Leconte au nord-est de l'établissement; on n'a pas remonté jusqu'à son tube de captage. La température de l'eau était de 34°,6 dans l'aqueduc, et son rendement de 8.900 litres en vingt-quatre heures. Elle n'a jamais été ni utilisée ni captée à nouveau depuis sa découverte. Elle n'est du reste qu'une dérivation de la source des Capucins qui en

est très-voisine et dont le débit utile diminue graduellement depuis plusieurs années, comme je l'expliquerai par la suite.

15° *Source Eugénie.* — Elle se compose d'une infinité de filets d'eau, recueillis ensemble dans un réservoir assis sur la roche d'où ils jaillissent, et situé à 150 mètres au nord de l'établissement; l'eau peut s'y élever à 6m,10 au-dessus du repère. Sa température est de 34 degrés dans le réservoir (1866): son affluenee est de 329.300 litres en vingt-quatre heures.

16° *Source ferrugineuse du Temple.* — Elle se compose d'une infinité de filets d'eau, recueillis ensemble dans un réservoir allongé assis sur la roche d'où ils jaillissent, et situé à 100 mètres au nord de l'établissement.

L'eau ne s'y élève pas plus haut que son issue naturelle, qui se trouve à 0m,34 au-dessus du repère. Sa température se maintient à 24 degrés dans le réservoir; elle est donc bien supérieure à la température moyenne du climat, et ainsi ne doit pas être rangée parmi les ferrugineuses froides; elle tient le milieu entre celles-ci et les thermales ferrugineuses.

Je donne dans les §§ 5 et 6 des détails sur les travaux de captage qui ont été effectués en 1864 et 1865 aux deux sources Eugénie et du Temple.

17° *Source ferrugineuse du puits Romain.* — Elle est formée par des filets d'eau ferrugineuse analogues à ceux qui sont captés au Temple, et leur captage remonte à une haute antiquité. Au lieu de les recueillir isolément, les anciens les ont réunis ou laissés se réunir dans un puits que les modernes ont nommé Puits Romain et qui est situé à 150 mètres au nord de l'établissement, à 8 mètres de distance de l'extrémité nord du réservoir du Temple. L'eau s'élève dans le puits Romain à 0m,70 au-dessus du repère; sa température est de 27°,9 à son arrivée à l'établissement et son rendement, de 44.695 litres en vingt-quatre heures.

Je donne dans le § 5 des indications détaillées sur l'ancien captage de cette source, et sur les travaux modernes qui y ont été effectués.

En rapprochant les températures indiquées ci-dessus de celles qui ont été observées pour les principales sources de Luxeuil, en 1773 par Fabert, en 1833 par M. Thirria et en 1857 par M. Leconte, on obtient le tableau suivant :

§ 3. *Température des principales sources de Luxeuil à diverses époques.*

NOMS DES SOURCES.	FABERT 1773	THIRRIA. 1833		LECONTE 1857	1866
	degrés.	degrés.		degrés.	degrés.
Du Grand-Bain n° 2.	61,2	56,25		51,5	51,7
— n° 1.	49,2	55,00		50,4	51,6
De l'Aqueduc n° 2.	»	45,00		42,6	45,1
Des Dames.	42,2	46,00		42,4	42,4
Des Cuvettes.	45,0	46.05		42,5	42,4
Des Capucins n°s 2, 3, 4.	»	41,00		38,9	40,8
Du Bain-Gradué n°s 1, 3, 4.	»	47,00		40,3	38,0
			En 1850.		
Des Compartiments.	»	45—42,05	37—35	36,0	34.5
Du Bain-Gradué.	»	40—38,00	33—31	33,0	33,3

Il résulte de cette comparaison : 1° que la température des sources diminue en général avec le temps, mais sans que cette diminution soit graduelle ni régulière ; 2° que la source du Bain-Gradué est celle pour laquelle la diminution est le plus sensible ; 3° que la source des Capucins, bien qu'éprouvant depuis plusieurs années une diminution graduelle et très-rapide dans son débit, ne subit pas le même sort pour sa température ; 4° qu'il y a eu depuis 1773 une nouvelle communication souterraine établie entre les filets n°s 1 et 2 de la source du Grand-Bain.

Le débit tend également à diminuer pour la plupart des sources. Cette diminution peut tenir à l'imperfection des travaux de captage qui, se dégradant à la longue, doivent laisser perdre une portion des griffons ; mais ils sont dus peut-être encore en plus grande partie à une cause qu'il

n'est pas possible d'éviter, à la tendance de l'eau à échapper à la pression qu'elle exerce sur elle-même dans les tuyaux de captage, réservoirs, et autres travaux de main d'homme, pour se frayer d'autres passages plus faciles à travers de nouvelles fissures des terrains. Pour obvier autant que possible à cette cause de déperdition, on doit établir les travaux de captage sur la roche la moins fendillée, et l'on doit également avoir soin de laisser s'écouler par les voies les plus faciles toute l'eau captée dont on ne fait pas usage; car une fois que cette eau, arrêtée par des robinets ou d'autres ouvrages, se sera créé des passages souterrains plus faciles que ceux qu'elle suivait d'abord, elle continuera à les parcourir sans revenir jamais dans ceux-ci; et pourra ainsi se perdre en totalité ou en partie.

Les tableaux suivants donnent le résultat des analyses faites par M. Leconte des eaux de toutes les sources de Luxeuil; celles de la source ferrugineuse du Temple et de la source Eugénie, ont dû seulement être ajoutées ou modifiées, depuis les travaux de captage exécutés en 1864 et 1865, postérieurement aux recherches de M. Leconte.

Tableau indiquant, d'après les analyses faites pa
contenues dans un litre d'ea

	SOURCE de l'Aqueduc n° 1.	SOURCE des Bénédictins.	SOURCE du bain des, Dames.	SOURCE Est ou gélatineuse du bain des Fleurs.	SOURCE Ouest du bain des Fleurs.	SOURCE du Bain Gradué n°s 3 et 4 et de l'aqueduc n° 2.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Sesquicarbonate de potasse. . .	0,03084	0,01718	0,04350	0.02621	0,01883	0,02365
Chlorure de potassium.	0,01861	0,01428	0,02589	0,05175	0,00427	0,02131
Sesquicarbonate de soude. . . .	»	»	»	»	»	»
Sulfate de soude.	0,19206	0,16692	0,13716	0,14427	0,07943	0,15464
Chlorure de sodium.	0,72957	0,71974	0,72333	0,73042	0.43031	0,70563
Chlorure de calcium.	»	»	»	»	»	»
Chlorure de magnésium.	»	»	»	»	»	»
Carbonate de chaux.	0,04421	0,05924	0,03859	0,03276	0,03223	0,03655
Carbonate de magnésie.	0,00215	0,00081	0,00215	0,00416	0,00237	[illegible]
Fluorure de calcium. . . . . . } Alumine. . . . . } Oxyde rouge de manganèse. . } Sesquioxyde de fer. . . . . . . }	0,01145	0,00821	0,01385	0,01486	0,00157	0,01374
Acide silicique.	0,08649	0,08267	0,09810	0,07982	0,05024	[illegible]
Matières organiques.	0,03019	0,02590	0.02589	0,01673	0,00873	[illegible]
Iode	tr. tr. faib.	tr. tr. faib.	tr. tr. faib.	tr. tr. faib.	tr. tr. faib.	tr. tr. faib.
Arsenic.	*Id.*	*Id.*	*Id.*	*Id.*	*Id.*	*Id.*
Perte résultant des calculs. . .	0,00003	0.00005	»	0.00002	0,00002	[illegible]
Total des matières solides. . . .	1,14560	1,09500	1,10846	1,10100	0.62800	[illegible]
Eau.	998,85443	998,90500	998,89154	998,89900	999,37200	[illegible]
	c. c.	c. c.	c. c.			
Gaz. Oxygène.	0,32	0,85	2,26	non déter.	non déter.	non déter.
Gaz. Acide carbonique.	4,44	8,40	7,54	*Id.*	*Id.*	*Id.*
Gaz. Azote.	20,84	16,99	25,66	*Id.*	*Id.*	*Id.*

MM. Lecomte, les quantités des différentes substances des sources de Luxeuil.

SOURCE n° 1 du Bain Gradué.	SOURCE du Grand-Bain. — Eau du réservoir.	SOURCE des Cuvettes.	SOURCE du bain des Capucins. — Mélange des trois chaudes.	SOURCE du bain des Capucins. n° 1.	SOURCE d'Hygie.	SOURCE de Labiénus.	SOURCE ferrugineuse. du Temple.	SOURCE ferrugineuse. du puits Romain.	SOURCE Eugénie.
gr. 0,01748	gr. 0,02707	gr. 0,02532	gr. 0,02626	gr. 0,01773	gr. 0,00980	gr. 0,01476		gr. 0,01909	»
»	0,04340	0,00350	»	»	0,00644	0,01221		»	»
0,00114	»	»	0,00171	0,00286	»	»		»	»
0,08872	0,16466	0,10932	0,10766	0,10212	0,02437	0,05029		0,06865	traces
0,34641	0,66050	0,57168	0,54540	0,30750	0,12185	0,18721		0,23596	0,005
»	»	»	»	»	»	»		»	»
»	»	»	»	»	»	0,00426		»	»
0,03317	0,05670	0,05336	0,04981	0,02127	0,04291	0,04180		0,04011	0,015
0,00225	0,00417	0,00323	0,00337	0,00233	0,01197	0,00895		0,00990	»
......	......	......	......	......	......	......		0,00239	»
......	......	......	......	......	......	......			»
0,00461	0,00838	0,00299	0,00692	0,01118	0,00199	0,00501			»
......	......	......	......	......	......	......		0,00499	»
......	......	......	......	......	......	......		0,00939	»
0,05007	; 0,11371	0,06832	0,07522	0,05404	0,03020	0,04000		0,04100	»
0,01615	0,02539	0,01622	0,02464	0,02137	0,00444	0,01140		0,00911	»
tr. tr. faib.	tr. tr. faib.	tr. tr. faib.	tr. tr. faib.	tr. tr. faib.	tr. tr. faib.	tr. tr. faib.		tr. tr. faib.	»
Id.	*Id.*	*Id.*	*Id.*	*Id.*	*Id.*	*Id.*		*Id.*	»
0,00000	0,00002	0,00006	0,00002	0,00001	0,00008	0,00011		0,00001	»
0,56000	1,10400	0,85400	0,84100	0,54040	0,25700	0,37600		0,44060	0,020
998,44000	998,89600	999,14600	999,15900	999,45960	999,74300	999,62400		999,55940	999,960
c. c. 0,56	c. c. 0,54	c. c. 1,70	c. c. 2,98	noη déter.	c. c. 4,86	non déter.	c. c. 0,00	c. c. 0,42	non déter.
5,94	4,86	5,10	14,04	*Id.*	12,41	*Id.*	25,95	30,58	*Id.*
19,44	14,05	15,31	18,30	*Id.*	14,24	*Id.*	17,45	9,42	*Id.*

Tableau résumant, d'après M. Leconte, les différentes substances provenant de l'évaporation

	SOURCE de l'Aqueduc n° 1.	SOURCE des Bénédictins.	SOURCE du bain des Dames.	SOURCE est ou gélatineuse du bain des Fleurs.	SOURCE Ouest du bain des Fleurs.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Acide silicique	75,50	75,50	88,50	72,50	80,00
Acide sulfurique	94,49	85,91	69,76	73,37	71,30
Acide carbonique des sels solubles	11,09	6,47	16,17	9,81	12,36
Acide carbonique des sels insolubles	17,95	24,18	16,29	15,04	24,40
Chlore	393,46	404,46	406,02	422,76	418,71
Sodium combiné au chlore	250,37	258,45	286,60	260,87	269,42
Soude combinée à l'acide sulfurique	73,16	66,53	53,99	57,17	55,16
Soude combinée à l'acide carbonique	»	»	»	»	»
Potassium combiné au chlore	9,27	7,44	13,32	26,81	3,88
Potasse combinée à l'acide carbonique	15,83	9,23	23,06	14,00	17,62
Calcium combiné au chlore	»	»	»	»	»
Chaux combinée à l'acide carbonique	21,61	30,30	19,50	16,67	28,82
Magnésium combiné au chlore	»	»	»	»	»
Magnésie combinée à l'acide carbonique	0,91	0,36	0,91	1,83	1,88
Alumine	......	......	......	......	......
Fluorure de calcium	......	......	......	......	......
	10,00	7,50	12,50	13,50	2,80
Sesquioxyde de fer	......	......	......	......	......
Oxyde rouge du manganèse	......	......	......	......	......
Iode et arsenic	tr. tr. faib.	tr. tr. faib.	tr. tr. faib.	tr. tr. faib.	tr. tr. faib.
Matières organiques, eau, perte	26,36	23,67	23,96	15,17	12,90
Total	1.000.00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00

contenues dans 1.000 parties de résidu séché à 100 degrés, des eaux de Luxeuil.

SOURCES du Bain-Gradué n°s 3 et 4 et de l'Aqueduc n° 2.	SOURCE n° 1 du Bain Gradué.	SOURCE du Grand-Bain. — Eau du Réservoir.	SOURCE des Cuvettes.	SOURCE du bain des Capucins. — Mélange des trois chaudes.	SOURCE du bain des Capucins. n° 1.	SOURCE d'Hygie.	SOURCE de Labiénus.	SOURCE ferrugineuse du Temple.	SOURCE ferrugineuse du puits Romain.
gr. 72,50	gr. 89,41	gr. 103,00	gr. 80,00	gr. 89,44	gr. 100,00	gr. 117,50	gr. 106,38		gr. 93,05
82,47	89,31	84,19	72,16	72,16	106,53	53,47	75,40		37,05
9,32	13,74	10,25	12,22	13,74	15,71	15,71	16,17		18,26
16,20	28,56	24,59	29,44	28,56	19,53	97,50	61,31		51,64
412,60	375,37	379,93	407,97	393,53	345,29	298,49	324,45		324,91
282,45	243,22	235,24	263,21	254,99	223,74	186,43	195,77		210,64
63,23	69,12	64,96	55,85	55,85	82;45	41,38	58,35		67,76
»	1,19	»	»	1,19	3,10	»	»		»
11,50	»	22,42	2,34	»	»	14,30	18,53		»
13,15	18,33	14,27	17,43	18,33	19,29	22,42	23,08		25,08
»	»	»	»	»	»	»	»		»
19,36	33,17	28,82	35,00	33,17	22,05	93,50	62,41		50,98
»	»	»	»	»	»	»	2,98		»
0,91	1,51	1,63	1,83	1,51	2,08	22,56	11,52		10,88
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	5,44
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....		
13,00	8,23	7,50	3,50	8,23	20,71	19,45	13,32		
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	21,33
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	11,34
tr. tr. faib.	tr. tr. faib.	tr. tr. faib.	tr. tr. faib.	tr. tr. faib.	tr. tr. faib.	tr. tr. faib.	tr. tr. faib		tr. tr. faib.
21,72	28,84	23,00	19,05	29,30	39,52	17,29	30.33		21,64
1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00		100,00

Les eaux thermales de Luxeuil laissent toutes déposer sur les parois des réservoirs et des baignoires un enduit noirâtre, très-adhérent, formé principalement de silice et d'oxydes de fer et de manganèse. Elles déposent aussi dans leurs tubes de captage de petites quantités d'une substance organique qui s'attache aux parois sous forme gélatineuse.

L'eau ferrugineuse dépose facilement ses éléments métalliques; exposée à l'air dans un verre, elle perd en une heure et demie la moitié de son fer, en quinze heures la totalité. Lorsque la masse de l'eau est plus forte, la décomposition est un peu moins rapide; mais elle est activée au contraire par la chaleur, et même par la chaleur modérée à laquelle se donnent les bains, ainsi que son mélange avec une autre eau qui diminue la richesse. Cette facilité de décomposition n'est que le corollaire de la facilité non moins grande avec laquelle l'eau se minéralise, au contact de l'excès d'acide carbonique qui fait dégager le passage des courants thermaux.

Pour éviter la décomposition de l'eau ferrugineuse et la rendre capable de supporter les transports, on la met en bouteilles au contact de l'acide carbonique seul, et sous une certaine pression de ce gaz; l'eau est ainsi expédiée, et conservée sans produire aucun dépôt.

Pour reconnaître maintenant quelles sont celles de ces sources qui se confondent les unes avec les autres, on peut recourir à plusieurs indices, dont le plus sûr est celui qui résulte d'une preuve matérielle obtenue par des travaux d'épuisement. J'ai trois faits de ce genre à citer.

Les deux premiers sont relatifs au Bain-Gradué; à l'époque où ce bain fut construit, on eut occasion d'épuiser pour des travaux le filet n° 1 de la source de ce bain, et l'on constata que l'on épuisait également l'eau du filet n° 3; il y a donc entre eux une communication souterraine. Mais cette communication est beaucoup plus générale, ainsi qu'on peut encore le reconnaître tous les jours; il suffit en effet de

pénétrer dans l'aqueduc d'écoulement des eaux, en face du péristyle du Bain-Gradué, et d'ouvrir la bonde qui forme près du point de captage le tuyau amenant le filet n° 2 de la source de l'aqueduc dans le Bain-Gradué ; on voit immédiatement diminuer notablement le débit de la source n° 1 de l'aqueduc (allant aux Bénédictins), n° 1 du Bain-Gradué, et des sources des Capucins et du Grand-Bain ; il y a donc commuuication entre ces diverses sources.

Le troisième fait est encore plus général ; il est relatif à une expérience faite en 1832. A cette époque, on eut des réparations à faire à la source des Capucins, et l'on dut épuiser pendant huit jours les eaux qui affluaient dans le petit puits où se réunissent les filets n°s 2, 3 et 4 de la source des Capucins ; toutes les sources salines de l'établissement cessèrent alors de couler, à l'exception de celles des Dames et du Grand-Bain ; il y a donc communication matérielle entre elles.

Toutefois, cette communication ne serait pas une raison suffisante pour confondre au point de vue pratique toutes les sources en une seule, car elle pouvait n'avoir lieu que par des fissures de roches, pour ainsi dire capillaires, suffisantes pour laisser passer les eaux dans le cas d'un épuisement forcé, mais assez étroites pour empêcher l'échange complet du calorique et la diffusion des principes salins en dissolution entre une nappe et une autre ; il faut donc tenir compte des autres éléments qui peuvent caractériser les différentes sources, et notamment de leur hauteur de jaillissement, de leur température et de leur composition.

Il y a d'assez grandes divergences dans les hauteurs de jaillissement des sources, les deux hauteurs extrêmes diffèrent entre elles de 1m,06 ; mais on ne peut pas voir ici un élément caractéristique ; car il peut être facilement modifié à l'intérieur de la terre par des frottements développés près l'émergence de la source, sans qu'il y ait altération dans les autres propriétés de celle-ci.

Les températures des sources, prises au point d'émergence varient depuis 33 degrés jusqu'à 52 degrés, c'est-à-dire dans des limites assez étendues; mais il est à remarquer que cette variation est presque exactement reproduite par celle du poids des substances en dissolution, les sources les plus chaudes étant également les plus chargées, de sorte qu'on est porté à les considérer toutes comme le mélange d'une même source très-chaude et fortement chargée de sels avec une proportion plus ou moins forte d'eau possédant la température ambiante et la minéralisation très-faible des eaux ordinaires. Cette comparaison est mise en évidence dans le tableau de la page 491, où les sources sont classées par ordre de températures décroissantes.

Bien que la concordance soit imparfaite, elle donne cependant une grande présomption en faveur de l'origine commune des sources; mais il est possible d'établir une comparaison plus probante en la faisant porter sur un élément qui ne change plus par l'addition d'une quantité quelconque d'eau pure et qui ne varie que faiblement si cette eau est minéralisée comme le sont les eaux ordinaires. Cet élément a de plus l'avantage d'être l'un des plus importants au point de vue thérapeutique, et de correspondre probablement avec beaucoup d'exactitude à la faculté médicatrice des eaux.

Si en effet les eaux minérales ont quelque puissance supérieure à celle des eaux ordinaires, c'est parce qu'elles tiennent en dissolution des substances qui ne seraient pas solubles dans celles-ci, et qu'elles permettent ainsi à l'organisme humain de se les assimiler; ainsi, si l'on fait évaporer diverses eaux minérales et qu'on recherche, dans le résidu obtenu, quelle est la partie insoluble dans l'eau, la proportion de chacune de ces parties constitue une propriété très-caractéristique de l'eau employée, et la vertu de celle-ci doit augmenter avec le poids de la partie insoluble. Je n'ai pas les éléments qui me permettraient de rechercher si cette loi se vérifie pour toutes les sources minérales

de la même espèce qui sont connues dans les diverses stations balnéaires; mais, d'après les analyses faites à Luxeuil par M. Leconte, on peut au moins constater que cette proportion est à peu près constante dans toutes les sources salines de cette station, ainsi qu'on peut s'en assurer en parcourant le tableau suivant :

NOMS DES SOURCES.	TEMPÉRATURE.	POIDS des substances en dissolution dans 1 litre.	PROPORTION des substances insolubles contenues dans le résidu de l'évaporation sur 100.
	degrés.	grammes.	
Source du Grand-Bain, n° 2. . . .	51,7		
— *Idem*, n° 1.	51,6	1,10	17,00
— de l'Aqueduc, filet n° 2. .	45,1	1,06	12,70
— *Idem*, filet n° 1.	44,6	1,14	12,00
— des Cuvettes.	42,4	0,85	14,60
— des Dames	42,4	1,11	12,10
— des Capucins, n°s 2, 3, 4.	40,8	0,84	14,60
— du Bain Gradué, n°s 3 et 4.	38,0	1,06	12,70
— des Bénédictins.	37,8	1,10	13,10
— des Fleurs, Est.	37,6	1,10	13,10
— des Capucins, n° 1.	37,6	0,54	17,10
— Labiénus.	34,6	0,38	15,47
— du Bain Gradué, n° 1. . .	34,1	0,56	17,50
— des Fleurs, Ouest.	32,8	0,63	13,10

Je crois dès lors qu'on doit considérer toutes ces sources salines comme communiquant ensemble à une profondeur assez faible pour n'éprouver, depuis leur séparation, aucune altération importante, et par conséquent comme n'en formant réellement qu'une seule. Il est donc inutile de chercher à réduire le nombre des sources que j'ai énumérées en démontrant plus spécialement l'identité de quelques-unes d'entre elles, et si l'on conserve la classification en dix-sept sources, qui est née de l'usage, on ne doit au moins y attacher aucune importance technique.

La seule source saline que j'aie laissée en dehors des déductions qui précèdent est la source d'Hygie, parce qu'elle échappe en effet complétement à toutes les assimilations que je viens d'indiquer, et qu'ainsi elle doit être individua-

lisée à part. Elle diffère en tout des sources précédentes : sa hauteur de jaillissement est supérieure de 1^{m},15 à la moyenne des autres, et de 0^{m},65 à celle de la source des Dames, la plus élevée de toutes; sa température est seulement de 29°,8, c'est-à-dire inférieure à toutes les autres; le poids des substances dissoutes dans un litre est plus petit pour elle que pour toutes les substances précédentes, et ne s'élève qu'à 0^{g},26, tandis que la moyenne est, pour celles-ci, de 0^{g},90, ou trois fois et demie plus forte; enfin, la proportion des substances insolubles contenues dans le résidu est, pour la source d'Hygie, de 29,96 p. 100, soit plus de deux fois la moyenne correspondant aux sources précédentes, qui est de 14,45; ainsi, tout concorde pour faire considérer la source d'Hygie comme différente de toutes les autres sources salines.

De même la source ferrugineuse du Temple et la source Eugénie devront être encore classées à part, comme n'ayant aucune analogie avec les précédentes : quant à la source ferrugineuse du puits Romain, elle n'est qu'un mélange de la source du Temple avec des eaux thermales salines analogues à celles que je viens d'examiner en détail.

De cette manière, les dix-sept sources énumérées plus haut se réduiront au point de vue technique à quatre, savoir : une source thermale saline, fournissant toute l'eau chaude de l'établissement; la source ferrugineuse du Temple, qui en fournit toute l'eau ferrugineuse, et les sources Hygie et Eugénie, qui l'alimentent d'eau froide.

Au point de vue thérapeutique, les eaux des sources de Luxeuil ne doivent former que deux classes, les alcalines et les ferrugineuses.

Les eaux alcalines, appelées également salines, sont thermales; elles appartiennent à la division des *chlorurées sodiques*, et tiennent en dissolution par litre plus d'un gramme de substances, dont les quatre cinquièmes sont du chlorure de sodium et du sulfate de soude; elles

sont employées avec succès contre les névroses, les rhumatismes, les maladies d'estomac, etc.

Les eaux ferrugineuses sont demi-thermales ou tempérées; elles appartiennent à la division des *ferrugineuses magnésiennes*, dont on ne connaît que deux exemples en Europe : Luxeuil en France, et Birkenfeld dans la Prusse rhénane; leur usage est souverain contre la chlorose, la leucorrhée, la gravelle, etc.

Je donne ci-après le résumé du rendement journalier effectif des sources de Luxeuil en 1866, en les divisant en chaudes et froides.

Les eaux froides sont celles des sources Eugénie et du Temple, qui n'ont que 24°, et celle d'Hygie, qui n'atteint pas 30°.

Je classerai encore comme telles les eaux de la source des Fleurs, bien qu'elles atteignent 33° et 38°, parce qu'on les fait séjourner avant de les employer dans deux réservoirs, d'où elles ne sortent que pour être mélangées dans les baignoires à des eaux plus chaudes dont elles modèrent la température.

Toutes les autres sources sont chaudes, puisqu'elles fournissent des eaux dont la température varie entre 35 et 52°.

Rendement journalier.

Effectif des sources de Luxeuil en 1866.

NOMS DES SOURCES.	EAUX chaudes.	EAUX froides ou utilisées comme telles.	EAUX non utilisées.
Eaux alcalines.	litres.	litres.	litres.
1° Source de l'Aqueduc.	17.575	»	»
2° — des Dames	48.767	»	»
3° — du Grand-Bain.	38.000	»	»
4° — des Bénédictins.	8.063	»	»
5° — du Bain-Gradué	11.446	»	»
6° — des Cuvettes	13.553	»	»
7° — des Capucins.	12.537	»	»
8° — des Fleurs.	»	7.848	»
9° — d'Hygie	»	5.944	»
10° — Nouvelle	3.907	»	»
11° — des Yeux	»	450	»
12° — des Abeilles.	»	»	360
13° — Savonneuses	»	»	Mémoire.
14° — de Labiénus.	»	»	8.900
15° — Eugénie	»	329.300	»
Eaux ferrugineuses.			
16° Source ferrugineuse du Temple. . .	»	21.000	»
17° Ferrugineuse du puits Romain. . .	44.695	»	»
Totaux.	228.543	364.092	9.260
Total général.	601.895 litres.		

Ainsi, l'établissement thermal a à sa disposition une affluence d'eau journalière de 600.000 litres. Je vais examiner en détail comment cette quantité d'eau est utilisée.

Il faut en déduire d'abord 9.260 litres pour les deux ou trois sources qui ne sont pas captées, ou du moins pas recueillies. Les quatorze autres sources se rendent dans les divers réservoirs que j'ai indiqués plus haut, et chacun de ceux-ci fournit à son tour de l'eau pour les usages que je vais mentionner.

§ 4. *Luxeuil. Aperçu historique. Consistance et consommation actuelle de l'établissement thermal.*

Longtemps avant l'ère chrétienne, Luxeuil était habité par les Celtes-Séquanais, ainsi que le prouvent les ruines d'édifices et les médailles qui y ont été trouvées ; ses eaux minérales étaient connues, et les druides, premiers chefs des peuples, y avaient élevé un établissement thermal qui devait par la suite, ainsi que la ville voisine, subir maintes et maintes fois les vicissitudes de la guerre. Il fut dévasté une première fois par les Romains, lors de leur invasion dans les Gaules, puis réparé, sur l'ordre de Jules César, par Labiénus, son lieutenant, l'an 56 avant Jésus-Christ, ainsi que le prouve l'inscription suivante sur marbre noir qui fut trouvée aux Thermes le 23 juillet 1755 :

LIXOVII THERM.
REPAR. LABIENUS
JUSS. C. JUL. CÆS.
IMP.

(*Lixovii thermas reparavit Labienus,*
Jussu Caii Julii Cæsaris, Imperatoris.)

Luxeuil acquit une fort grande importance, et ses thermes furent très-fréquentés sous la domination romaine ; mais il fut ravagé de nouveau, et cette fois de fond en comble, par le célèbre Attila en 450 : il n'en resta plus qu'un monceau de ruines, et le pays tout entier redevint un désert. En 590, un moine irlandais, saint Colomban, vint s'y établir pour prêcher l'Évangile, et y fonda l'abbaye de Luxeuil, qui devint bientôt très-célèbre et forma le noyau d'une nouvelle ville ; les Thermes furent relevés, mais ils furent saccagés en 732 par les Sarrasins, ainsi que l'abbaye, rétablis pour être détruits encore en 888, réédifiés de nouveau, puis saccagés en 1201 et 1214. Le moyen âge ne fut pas pour

Luxeuil une période plus tranquille : durant les guerres qui agitèrent le pays sous les ducs et les comtes de Bourgogne, la ville, ainsi que les Thermes qui suivaient son sort, fut prise et livrée aux flammes en 1479, 1568, 1395, et 1644 ; la réunion du comté de Bourgogne à la France (1678) mit fin à ces scènes d'anarchie.

Les Thermes appartenaient, sous le régime féodal aux abbés de Luxeuil, seigneurs souverains ; mais la ville, qui fut affranchie vers la fin du treizième siècle, se développa rapidement à son tour, devint une puissance rivale de l'abbaye, et parvint, par acquisition ou par procès, à dépouiller celle-ci de la propriété des Thermes, qui devint municipale au dix-huitième siècle. Les bains reprirent de la vogue, et la ville les fit magnifiquement réparer à ses frais,

« *Regnante adamatissimo Ludovico XV, anno MDCCLXVIII,* »

dit une inscription qui orne encore l'une des façades de l'édifice. C'est de cette époque que datent les captages encore existants de la plupart des sources, ainsi que la plus grande partie des bâtiments actuels des Thermes. Pendant un siècle, la ville de Luxeuil continua à gérer l'établissement thermal et à y faire quelques améliorations ; mais l'exiguïté de ses ressources, depuis le régime décrété par l'Assemblée constituante, ne lui permettait plus de leur donner tout le développement nécessaire, et les Thermes devaient, sous peine d'une prompte décadence, faire retour à l'État, désormais seul maître, seul riche, seul existant. La cession eut lieu en effet en 1853, et dès l'année 1855, on construisit le bain Ferrugineux et le bain Impérial ; dans les années qui suivirent, on établit le bain des Fleurs, on augmenta la consistance du Grand-Bain, du bain des Dames, du Bain-Gradué, et l'on apporta de grandes améliorations aux diverses parties de l'établissement thermal.

Cet établissement, au dire de tous ceux qui l'ont visité,

est aujourd'hui l'un des plus beaux et peut-être le plus luxueusement orné de toute la France. Il se compose d'un pavillon central et d'une aile droite, et il faut encore lui rattacher plusieurs réservoirs de sources qui se trouvent dans le parc, à proximité. Je ne donnerai pas la description architectonique des bâtiments, mais j'indiquerai la consistance de leurs diverses salles, au point de vue balnéaire.

Dans l'aile droite, qui est orientée du sud au nord, sont situés :

Le bain des Bénédictins, qui comprend une piscine et deux appareils de douches;

Le bain des Dames : une piscine, 9 baignoires, 1 douche;

Le bain des Fleurs : 12 baignoires, 12 douches, 2 buvettes;

Le Bain-Gradué : 1 piscine, 11 baignoires, 2 douches.

L'aile droite est reliée par une grande galerie vitrée au pavillon central, orienté de l'ouest à l'est, et où se trouvent :

Le Grand-Bain, comprenant 10 baignoires, 15 appareils de douches, 1 buvette;

Le bain des Capucins : 1 piscine, 6 baignoires (*), 4 douches;

Le bain des Cuvettes : 6 baignoires;

Le bain ferrugineux : 10 baignoires, 2 piscines de famille, 12 douches et 2 buvettes;

Le bain Impérial : 10 baignoires, 10 douches.

Enfin, en dehors du bâtiment se trouvent trois autres buvettes, ce qui porte la consistance totale de l'établissement à 4 piscines, 74 baignoires, 2 piscines de famille, 58 appareils de douches et 7 buvettes.

Les 4 piscines peuvent admettre en tout 114 personnes à la fois et 250 pendant un jour; les piscines de famille

(*) En y comprenant deux baignoires qui ont été placées derrière ce bain pour y donner des bains dits mélangés ou sulfureux.

contiennent chacune 4 personnes, ce qui, joint aux 74 baignoires, donne 82 personnes pouvant se baigner ensemble en cabinets, à chaque série. Il y a par jour 6 séries, ce qui permet de donner 492 bains en cabinets; on peut donc en tout faire baigner 742 personnes par jour à l'établissement, sans parler des douches ni des buvettes, qui ont leur utilité spéciale.

Le nombre des personnes qui se baignent réellement chaque jour est nécessairement inférieur à ce maximum : en prenant une moyenne sur les 100 jours de la saison, du 25 mai au 5 septembre, on peut atteindre le chiffre journalier de 60 baigneurs en piscines et 200 en cabinets, ce qui donne en tout 260 bains par jour, ou 26.000 pendant la saison.

J'ai indiqué dans quels réservoirs étaient recueillies les eaux des 17 sources de Luxeuil; il me reste, pour rendre compte de l'économie générale de l'établissement thermal, à dire maintenant quels sont les appareils balnéaires que doivent alimenter les eaux de chaque réservoir. Afin de ne rien omettre, je passerai en revue ces réservoirs eux-mêmes, qui sont au nombre de 13, dont 7 sont situés dans l'aile droite et en alimentent plus spécialement les bains et dont 6 correspondent au pavillon central. Toutefois, il y a échange facultatif entre leurs eaux, ainsi que je l'indiquerai.

I. PISCINE DES BÉNÉDICTINS.

Elle consiste en un bassin circulaire divisé en deux compartiments; elle a 3m,56 de diamètre, 0m,66 de profondeur d'eau depuis le fond jusqu'au déversoir, et peut contenir 5.977 litres d'eau (*). Elle est alimentée par la source des

---

(*) Si cette capacité n'est pas celle qui résulterait d'un calcul géométrique du volume, c'est qu'il y a dans la piscine des marches, cloisons, ornements dont il a fallu tenir compte. La même observation s'applique à toutes les autres piscines et réservoirs.

Bénédictins (8.063 litres) et par le filet n° 1 de la source de l'Aqueduc (6.129 litres), et reçoit ainsi 14.192 litres en vingt-quatre heures. Ces deux mêmes sources lui fournissaient, en 1857, 17.472 litres par jour : il y a donc eu, depuis cette époque, une diminution de 3.280 litres ou 19 p. 100. Elle peut contenir à la fois 24 baigneurs, et l'on estime qu'il s'y baigne 30 personnes par jour en moyenne dans le fort de la saison. Dans toute piscine servant à des bains en commun, il doit toujours y avoir une certaine relation entre le nombre des baigneurs qui s'y trouvent ensemble et l'affluence de l'eau. Le nombre des personnes qui se baignent généralement ensemble ne peut être évalué que fort approximativement; mais il est lui-même en rapport avec les dimensions de la piscine ; on aura donc une idée de la quantité d'eau fournie à chaque baigneur en calculant combien de fois l'eau peut se renouveler dans la piscine en vingt-quatre heures, ou ce qui revient au même, en combien de temps la source peut remplir ce réservoir. La piscine des Bénédictins se remplit actuellement en neuf heures trente-cinq minutes ; ce résultat d'une expérience directe est d'accord avec les jaugeages dont j'ai indiqué plus haut les résultats ; mais il prouve comme eux que les deux sources servant à l'alimentation de la piscine ont diminué dans leur débit, car il y a quelques années, d'après les déclarations des servants qui se trouvaient alors à l'établissement, cette même piscine se remplissait en 7 heures 30 minutes, ce qui confirme la diminution de 19 p. 100 dans le rendement des sources, accusée par les jaugeages directs.

II. PISCINE DU BAIN-GRADUÉ.

Cette piscine se compose d'un magnifique bassin circulaire ayant 5^{m},30 de diamètre, 0^{m},68 de profondeur

d'eau, et 11.872 litres de capacité. Son nom lui vient de ce qu'elle est divisée en quatre compartiments où l'on peut prendre des bains à des températures graduées; car ceux qui la construisirent avaient profité de l'arrivée de quatre filets d'eau d'une chaleur différente; en les isolant ou les mélangeant convenablement, on pouvait maintenir dans les quatre compartiments des températures graduées. Ces températures étaient encore, en 1832, de 38, 40, 42 1/2, 45 degrés; mais elles ont diminué progressivement ainsi que la température des sources elles-mêmes, et n'étaient plus, en 1850, que de 31, 33, 35 et 37 degrés. Depuis cette époque, il n'est plus formé que deux bains de températures différentes, mais un pour chaque sexe, ce qui occupe encore les quatre compartiments; les températures des deux bassins étaient, en 1857, de 33 et 36 degrés; je les ai trouvées, en juillet 1866, de 33°,3 et 34°,5. Cette piscine peut contenir cinquante-six personnes ensemble; il s'y donne par jour soixante bains dans la bonne saison. Elle est alimentée par les filets 1, 3 et 4, constituant la source du Bain-Gradué, et par le filet n° 2 de la source de l'Aqueduc : ces eaux se rendent par leurs tuyaux de captage dans un tambour creux qui occupe le centre de la piscine, entrent dans un petit appareil formé de cercles concentriques en fer et muni de robinets qui permettent de les mélanger entre elles à volonté, puis retombent dans les quatre compartiments par huit orifices placés au pourtour du tambour. Le débit de la source était, en 1857, de 38.240 litres pour les filets n°s 1, 3 et 4 réunis, et de 68.880 pour le filet n° 2, en tout 107.120; mais ce débit a notablement diminué. En effet, le tuyau qui amène le produit des filets 3 et 4 réunis ne donne plus une goutte d'eau; cette source est notée par M. Leconte comme s'élevant, en 1857, à 1m,02 au-dessous du repère, et l'issue de son tube de captage vers la piscine est placée précisément à cette hauteur; mais elle n'a plus aujourd'hui assez

de force ascensionnelle pour l'atteindre, et elle ne donne lieu à aucun écoulement.

La piscine ne reçoit donc plus que le produit des filets nos 1 et 2. Or, d'après un jaugeage direct fait en 1866, le no 1 ne donne plus effectivement dans la piscine que 7.672, et le no 2 que 11.446 litres; de sorte que la piscine ne reçoit que 19.118 litres en 24 heures, ce qui se vérifie par le temps qu'elle met à se remplir. Sa contenance est en effet de 11.872 litres, et elle se remplit en $14^h,54$. D'après M. Leconte, l'ensemble des quatre sources aurait versé, en 1857, 107.120 litres par vingt-quatre heures dans la piscine, d'où il résulterait qu'il y a eu, depuis cette époque, une perte de 88.000 litres, ou 82 p. 100. Mais je crois que M. Leconte a fait une confusion : la piscine n'a jamais pu recevoir effectivement 107.120 litres par vingt-quatre heures; car alors elle aurait dû se remplir en deux heures quarante minutes, tandis qu'au dire des servants qui sont depuis très-longtemps à l'établissement, elle ne s'est jamais remplie en moins de dix heures trente minutes, temps qu'elle exigeait encore en 1857, et qui correspond à une venue d'eau de 27.136 litres. En 1865, il ne lui fallait encore que onze heures, ce qui supposait un débit de 25.903 litres; c'est donc depuis un an que la diminution est le plus marquée. Quant aux chiffres de M. Leconte, ils doivent se rapporter au jaugeage des sources près de leurs points d'émergence. Comme leurs eaux ne s'élèvent naturellement qu'à $0^m,43$ et $1^m,02$ au-dessous du plan de repère, soit à $0^m,59$ et $0^m,00$ au-dessus de l'orifice de sortie dans le Bain-Gradué, elles exercent elles-mêmes sur leurs griffons une pression notable, qui en fait refluer en somme les huit dixièmes dans l'intérieur de la roche. Cette perte n'est d'ailleurs, en grande partie, qu'apparente; car si l'on enlève la bonde qui bouche le tube de captage du filet no 2 de l'aqueduc près de son point d'émergence, de manière à lui faire perdre par le radier de la

galerie toute son eau, dont le débit est alors bien supérieur à celui qui arrive normalement dans la piscine, on voit diminuer notablement presque toutes les sources thermales de l'établissement, ainsi que je l'ai indiqué dans le § 3. On conclut de là deux choses : d'abord que toutes ces sources communiquent entre elles souterrainement et même à une petite distance, puisque la compression opérée sur l'une des sources tourne au profit des autres, et c'est pourquoi les anciens avaient obstrué et bétonné plusieurs points d'émergence, afin d'augmenter le débit et la température de ceux qu'ils conservaient.

III. PISCINE DES DAMES.

La piscine des Dames est un élégant bassin circulaire dans lequel l'eau, élevée au centre par une colonne creuse en pierre, retombe en quatre jets d'une hauteur de $0^m,60$ au-dessus du plan d'eau, disposition qui lui fait perdre un peu de chaleur. Son diamètre est de $2^m,40$, sa profondeur de $0^m,70$, sa capacité de 3.165 litres; elle peut contenir huit à dix personnes. Elle est alimentée par la source des Dames, qui la remplit en une heure trente-trois minutes. Si l'eau y coulait constamment de manière à s'y renouveler trois fois en vingt-quatre heures, elle en consommerait environ 900 litres; mais cette piscine n'est presque jamais en service. Cela tient à plusieurs causes que je vais indiquer.

D'abord, l'eau s'y maintient, lorsqu'on la renouvelle par un courant constant, à une température très-élevée, 45°, qui ne convient qu'à bien peu de personnes, et l'on éprouve l'inconvénient d'abaisser ainsi d'une manière notable la température de l'eau du grand réservoir des Dames, qui est très-nécessaire pour la bonne alimentation des baignoires; puis la salle de cette piscine est peu éclairée et se trouve traversée par des courants d'air; enfin, les baigneurs trou-

vent au bain des Bénédictins, des Capucins, et au Bain-Gradué trois autres piscines plus grandes qui suffisent amplement à tous les besoins du service.

Celle des Dames ne sert donc que dans des cas exceptionnels, et souvent comme une piscine de famille; et l'on peut admettre que dans l'état normal du service, toute l'eau de la source des Dames passe par la seconde branche de son tube de captage et se rend dans le réservoir ci-après indiqué.

IV. RÉSERVOIR DU BAIN DES DAMES.

L'eau s'y maintient à 39°. Il occupe souterrainement presque toute la partie du sol de ce bain non recouverte par la piscine, et il est exclusivement alimenté par la source des Dames. Il a $32^{mq},18$ de superficie utile, $0^m,60$ de profondeur, et une capacité de 19.308 litres, qui se trouve réduite à 19.000 environ par les tuyaux, robinets, etc., qui en occupent le fond. De plus, le fond du réservoir se trouve placé à $0^m,15$ au-dessous du niveau des baignoires les plus basses que ce réservoir doit alimenter; il y reste donc toujours au fond une couche d'eau de $0^m,15$ qui ne peut pas être utilisée directement, mais que l'on élève au moyen de pompes dans un réservoir sous combles quand on en a besoin.

Le réservoir des Dames se remplit pendant la nuit, et chaque jour, à partir de cinq heures du matin, on consomme pour le service balnéaire l'eau qu'il contient, soit 19.000 litres, plus celle que fournit la source, qui est de 2.032 litres par heure. Au moment où finit le service, à six heures du soir, la source a fourni en tout pendant la journée 22.350 litres; mais une partie de cette eau a commencé à s'emmagasiner dans le réservoir, parce que la consommation d'eau est beaucoup moins forte pendant l'après-midi que dans la matinée; de sorte qu'à six heures cette eau atteint toujours une hauteur plus grande que les $0^m,15$

du fond et que l'on peut estimer à $0^m,30$ en moyenne. La quantité d'eau fournie utilement au service balnéaire a été ainsi pendant la journée de 36.000 litres. A partir de six heures du soir, l'eau des Dames achève de remplir le réservoir; l'espace vide de $0^m,30$ de hauteur qui lui est offert correspond à une capacité de 9.650 litres, à laquelle il faut joindre 8.050 litres pour celle de vingt-trois baignoires que le bain des Dames peut alimenter directement, et dont on dispose les robinets de manière à ce qu'elles se remplissent pendant la nuit, en tout 17.700 litres d'espace disponible, que la source des Dames remplit en huit à neuf heures, c'est-à-dire depuis six heures du soir jusqu'à deux heures et demie du matin. Tout le débit de la source, depuis deux heures et demie jusqu'à cinq heures, c'est-à-dire une quantité de 5.000 litres d'eau est perdue pour le bain des Dames, puisque le réservoir ne peut la recueillir faute d'une capacité assez grande. On ne la laisse cependant pas s'échapper par le trop-plein; car un tuyau muni de robinets permet de la diriger vers le réservoir du Grand-Bain; comme le déversoir de ce dernier est placé à $0^m,10$ plus haut que celui des Dames, il n'y a perte d'eau que lorsque le niveau, dans le réservoir du Grand-Bain, s'élève jusqu'à $0^m,10$ au dessous de son déversoir. Ainsi, les 48.000 litres de débit journalier de la source des Dames se répartissent ainsi : 8.000 litres qui se trouvent chaque matin tout versés dans vingt-trois baignoires, 36.000 litres qui sont pris dans le réservoir pendant la journée, et 4.000 qui se rendent au réservoir du Grand-Bain.

Avec cette eau, le réservoir des Dames doit alimenter directement les 12 baignoires du bain des Fleurs, et 11 du Bain-Gradué, dont le niveau est assez bas pour qu'elle puisse y arriver par la pente naturelle, plus 9 cabinets du bain des Dames qui sont situés au-dessus du réservoir lui-même et où l'eau ne peut arriver qu'après avoir été élevée : celle-ci est prise à cet effet par une pompe que manœuvrent

deux hommes, et élevée a une hauteur de 8m.50 dans un réservoir sous combles dont la capacité est de 6.000 litres, et d'où elle redescend dans les 9 baignoires du bain des Dames et dans les 14 appareils de douches de cette partie de l'établissemeut, ainsi que dans la buvette dite des Dames.

Tous ces usages réunis absorbent en entier l'eau disponible de la source des Dames, qui quelquefois même est insuffisante. En effet, les 32 baignoires énumérées ci-dessus consomment à raison de 400 litres chacune, 12.800 litres par série complète. Or il y a chaque jour six séries de bains; mais elles ne sont jamais toutes remplies, et peuvent équivaloir à 5 séries complètes; elles exigent donc 64.000 litres d'eau. Il faut y joindre la consommation des 17 appareils de douches qui donnent environ 60 douches diverses par jour, soit à raison d'une consommation d'eau de 150 litres en moyenne, 9000 litres d'eau. Cette partie de l'établissement exige donc par jour 73.000 litres dont deux tiers sont de l'eau chaude des Dames et un tiers de l'eau thermale des Fleurs et d'Hygie; la quantité d'eau chaude à fournir peut donc s'élever à 49.000 litres. Il faut noter encore comme un surcroît de difficultés, qu'à cause des besoins du service, cette quantité d'eau n'est pas régulièrement exigible heure par heure, mais est demandée en proportion beaucoup plus forte pendant la matinée. La source des Dames qui fournit effectivement 48.000 litres d'eau suffirait à cette consommation, quoique bien strictement, si son réservoir était assez grand pour permettre d'utiliser toute son eau; mais dans l'état actuel, on ne peut en utiliser, comme je l'ai dit, que 44.000; il y a donc quelquefois un peu de pénurie.

V. BASSIN DE RECETTE DU BAIN DES FLEURS.

Il est situé souterrainement, en dehors du bâtiment du bain des Fleurs, et se trouve contigu au mur ouest de ce

bâtiment. Il est formé d'un réservoir rectangulaire ayant 6 mètres de longueur, 2 mètres de largeur, et une hauteur d'eau de 1 mètre. Sa capacité est de 12.800 litres. C'est dans ce bassin de recette que sont recueillis les deux filets d'eau formant la source du bain des Fleurs qui se rendent de là par un trop-plein dans le réservoir portant le même nom.

VI. RÉSERVOIR DES FLEURS.

Il est situé sous la salle des Fleurs; il a $8^m,65$ de longueur, 3 mètres de largeur et $0^m,60$ de hauteur d'eau, soit 15.570 litres de capacité : l'eau y est prise par une pompe, la même dont il a été parlé ci-dessus (et qui marche en tout pour les deux services pendant 6 heures par jour); elle est envoyée dans trois réservoirs sous combles, dont l'un n'a que 120 litres de capacité et ne sert qu'à donner quelques douches ascendantes, tandis que les deux autres, qui ont chacun 2.000 litres, renferment la presque totalité de l'eau ; celle-ci en redescend pour alimenter d'eau froide les 32 baignoires énumérées ci-dessus, et pour suffire également à la consommation des douches données par 17 appareils. Dans ces divers usages, l'eau des Fleurs n'est employée que comme eau froide, ou plutôt comme eau thermale refroidie ; elle y est employée concurremment avec l'eau d'Hygie, et toutes deux au besoin sont suppléées par l'eau da la source Eugénie ; elle alimente en outre la buvette dite Gélatineuse. Il serait sans intérêt de rechercher quelle quantité de cette eau froide l'on consomme en tout chaque jour ; car la source suffit largement à tous les besoins.

VII. RÉSERVOIR D'HYGIE.

Il est situé dans le parc au nord-ouest de l'établissement, et s'avance souterrainement dans cette direction jusqu'à 45 mètres de distance de celui-ci. Il contient 18 à 20.000 li-

tres d'eau ; et comme son niveau est élevé, cette eau peut être conduite directement aux baignoires et aux appareils de douches énumérés ci-dessus. Elle alimente en outre la buvette d'Hygie, petite fontaine fort pittoresque, dont la position indique celle du réservoir lui-même et qui débite 1.517 litres en 24 heures.

RÉSERVOIR DU PAVILLON CENTRAL.

VIII. PISCINE DES CAPUCINS.

Cette piscine se compose de deux bassins ovales juxtaposés, ayant chacun 3^{m},65 de grand axe, 2^{m},10 de petit axe, et une profondeur d'eau de 0^{m},88 ; leur capacité est de 4.450 litres, soit 8.900 pour les deux réunis. La piscine peut contenir 24 personnes, et l'on y donne en moyenne 12 bains par jour. Elle est alimentée par les 4 filets d'eau de la source des Capucins ; le débit de ces filets d'eau mesuré par M. Leconte, était, en 1857, de 40,521 litres en 24 heures ; et en effet, la piscine se remplissait alors en 5 heures. Mais depuis cette époque, la venue d'eau a constamment et progressivement diminué ; la quantité qui arrive réellement dans la piscine par l'orifice placé entre les deux bassins ovales, n'est plus, en juillet 1866, que de 530^{lit},74 par heure, ou 12.737 litres en 24 heures, de sorte que la piscine exige plus de 16 heures pour se remplir. Cette diminution progressive peut tenir à la disposition naturelle de l'eau, qui, pour échapper à la pression qu'elle exerce sur elle-même dans les tuyaux, cherche toujours à se frayer de nouveaux passages souterrains ; peut-être aussi ne provient-elle que d'une perte dans les tubes de captage qui, à l'endroit où ils sont posés sur la roche, pourraient laisser échapper une partie de l'eau par un joint détérioré. Dans ce dernier cas, une réparation serait facile ; au contraire, dans

le cas d'une disparition naturelle des filets d'eau, ce ne serait plus une réparation, mais des recherches et des travaux de captage nouveaux qu'il faudrait entreprendre. La position des bâtiments qui sont construits précisément au-dessus des points d'émergence et de captage des sources rend ces recherches très-difficiles et les réparations ou captages nouveaux presque impossibles à entreprendre.

IX. RÉSERVOIR DU GRAND-BAIN.

Il est situé dans la salle de ce nom, et possède une contenance de 20.000 litres environ. Il reçoit le produit de la source du Grand-Bain, qui lui fournit 38.000 litres par 24 heures. Cette eau se maintient dans le réservoir à la température de 50 degrés. Avant d'être employée, elle est élevée, au moyen de pompes mues par une turbine, et en cas de sécheresse, par une machine Lenoir, dans un réservoir sous combles, situé à une hauteur de 8^m,50 au-dessus de la salle des Cuvettes, et qui a 4 mètres de longueur, 2^m,80 de largeur, 1^m,80 de hauteur, soit 20.160 litres de capacité; elle en redescend pour alimenter d'eau chaude les 16 baignoires des Cuvettes et du Grand-Bain, les 5 baignoires du côté gauche, les 2 piscines de famille du bain ferrugineux, et les 10 baignoires du bain Impérial, en tout 31 baignoires et 2 piscines de famille, auxquelles il faut joindre 41 appareils de douches diverses (*).

Tous ces usages réunis absorbent complétement l'eau de la source. En effet, on consomme dans chaque série, pour les 31 baignoires, à raison de 400 litres, 12.400 litres, et pour les deux piscines de famille, à raison de 1.200 litres, 2.400, soit 14.800 litres. Pendant une bonne partie de la

(*) Il y a également deux baignoires pour bains sulfureux derrière le bain des Capucins, mais il n'est presque jamais nécessaire de les mettre en service, et il ne faut pas en tenir compte ici.

saison thermale, les 6 séries sont souvent complètes au bain Impérial et au bain Ferrugineux, de sorte que la consommation de l'ensemble peut correspondre à celle de 5 1/2 séries complètes, soit 81.400 litres, auxquels il faut joindre la consommation des 41 appareils de douches, absorbant pour 50 douches par jour, et 150 litres par douche, 7.500 litres; en tout 89.000 litres d'eau. Les deux tiers de cette eau, soit 59.000 litres, viennent du réservoir du Grand-Bain, l'autre tiers étant fourni pour les bains ordinaires, par l'eau de la source Eugénie, et pour les bains ferrugineux par la source du Temple; la source du Grand-Bain, dont l'affluence est de 38.000 litres, et qui ne peut guère emprunter à la source des Dames que les 4.000 litres dont j'ai parlé, ne peut donc pas suffire à la consommation de cette partie de l'établissement, lorsqu'elle est aussi forte; elle est suppléée dans ce cas par la source des Cuvettes, qui peut arriver par des tuyaux supplémentaires, dans tout le bain Impérial et tout le bain Ferrugineux.

X. RÉSERVOIR DES CUVETTES.

Il se trouve sous le dallage du vestibule central, et possède une capacité d'environ 20.000 litres; il reçoit le produit de la source des Cuvettes, qui s'élève à 19.944 litres en 24 heures : l'eau s'y maintient à une température de 42 degrés. Cette eau, avant d'être employée, est élevée au moyen des pompes ci-dessus citées dans un réservoir sous combles situé à une hauteur de 7 mètres, au-dessus de la salle des Cuvettes, et qui a 4 mètres de longueur, 2^{m},80 de largeur, 1^{m},80 de hauteur d'eau, soit 20.160 litres de capacité. Elle en redescend pour alimenter les 3 baignoires du bain des Capucins (*) et les 5 baignoires du côté droit du

(*) Il y a dans ce bain quatre cabinets; mais l'un d'eux est réservé pour donner des douches, et sa baignoire n'est pas employée.

bain ferrugineux, en tout 8 baignoires, auxquelles il faut joindre la consommation de la buvette des Cuvettes. Ces usages n'absorbent pas entièrement l'eau de la source des Cuvettes; en effet, il faut à chaque série, pour les 8 baignoires, 3.200 litres, soit pour 5 séries supposées complètes 16.000 litres d'eau, auxquels il faut joindre 1.500 litres pour 10 douches données en moyenne par jour; on obtient ainsi 17.500 litres, dont les trois quarts ou 12.000 litres sont de l'eau chaude des Cuvettes, l'eau froide venant de la source Eugénie. Quant à la buvette, elle n'est pas à écoulement constant, et ne dépense pas plus de 300 litres. La source des Cuvettes, qui donne 20.000 litres par jour, est donc plus que suffisante, et peut venir en aide à la précédente.

Avant le captage de la source Eugénie, les sources du Grand Bain et des Cuvettes, qui au moyen de tuyaux, peuvent se suppléer l'une l'autre, étaient souvent en défaut, et elles le seraient tous les jours maintenant, depuis que le nombre des baigneurs a augmenté, car elles pourraient être appelées à fournir, d'après le calcul qui précède, tant en eau chaude qu'en eau refroidie, 100.000 litres, quantité qui dépasse de beaucoup la somme de leurs rendements réunis. Si l'on ajoute à cela le surcroît de difficultés provenant de ce que tous ces besoins sont principalement concentrés dans la matinée, on comprendra que les sources chaudes de l'établissement étaient déjà quelquefois insuffisantes en 1862 et 1863, et le seraient tout à fait aujourd'hui, depuis l'augmentation du nombre des baigneurs.

XI. RÉSERVOIR DE LA SOURCE EUGÉNIE.

Ce réservoir est situé dans le parc, à 150 mètres au nord du péristyle de l'établissement. Il est assis sur la roche de grès bigarré dont les fissures donnent passage à la source Eugénie. Il a intérieurement $4^m,68$ sur $5^m,68$, une hauteur

de $1^m,90$ depuis le niveau de la roche jusqu'au déversoir, et une capacité de 31.000 litres. J'indique en détail dans le § 5 comment les travaux de captage ont été faits et le réservoir établi. La quantité d'eau qui afflue par les fissures de la roche est de 229 litres par minute, ce qui correspond à 329.300 litres par 24 heures; mais à mesure que le niveau de l'eau monte dans le réservoir, la pression qui en résulte sur les griffons thermaux fait refluer une partie de l'eau dans l'intérieur des couches du calcaire. Les tableaux donnés dans le § 5 indiquent exactement quelle est la quantité d'eau qui afflue sous une pression quelconque; pendant le service ordinaire des thermes, le niveau de l'eau se fixe de lui-même à $1^m,10$ au-dessus du fond, et la quantité d'eau qui afflue est de 228.000 litres en 24 heures; l'établissement n'en utilise, dans le moment de la plus grande consommation, que 3.000 litres par heure, soit 40.000 litres pour toute la durée du service journalier. Cette eau est employée à un grand nombre d'usages : le principal est l'alimentation en eau froide des 20 baignoires des bains des Cuvettes, des Capucins et du Grand-Bain, et des 41 appareils de douches, et aussi, au besoin, des baignoires situées dans l'aile gauche de l'établissement. Avant le captage fait en 1865, ce service, qui peut absorber 20.000 litres d'eau, se faisait, au moins en grande partie, au moyen d'eau de la source des Cuvettes que l'on élevait dans des réservoirs sous combles et qu'on laissait refroidir. Il arrivait alors que les sources des Cuvettes et du Grand-Bain ne pouvaient plus suffire à la consommation d'eau chaude : le captage de la source Eugénie a donc rétabli l'équilibre entre toutes les parties du service, et permis aux sources chaudes de l'établissement de suffire jusqu'à présent à l'augmentation des demandes. Cette eau Eugénie sert encore à alimenter la buvette de ce nom, les deux fontaines de la cour d'honneur, et le courant refroidisseur de la machine Lenoir ; enfin elle est employée pour tous les usages de propreté de l'établis-

sement. Malgré cela, on ne consomme encore que 40 mètres cubes de cette eau, tandis que la source peut en fournir 290 avec la prise d'eau actuelle, et plus encore si l'on voulait abaisser cette prise d'eau, ce qui serait facile.

XII. RÉSERVOIR DU TEMPLE.

Il consiste en une cunette, ou galerie souterraine qui sert à la fois à recueillir et à emmagasiner les filets ferrugineux constituant la source du Temple. Cette galerie est située dans le parc, à 100 mètres au nord du péristyle de l'établissement; elle a 40 mètres de longueur, 1 mètre de largeur et 1 mètre de profondeur jusqu'au trop-plein, par conséquent 40.000 litres de capacité. J'indique en détail dans le § 6 comment les travaux de captage ont été faits et la galerie établie. La température se maintient à 23°,5 dans le réservoir; l'affluence d'eau est de 21.000 litre en 24 heures; cette eau est conduite directement à l'établissement, où elle est versée pure dans chaque baignoire par un tuyau spécial, pour y être mélangée à l'eau thermale, suivant les proportions prescrites à chaque malade. On peut ainsi arriver exactement au dosage prescrit par les médecins, précaution qui est rendue nécessaire par la richesse de l'eau en fer, susceptible d'influer trop énergiquement sur certaines organisations. L'eau ferrugineuse alimente ainsi 23 baignoires, 2 piscines de famille et la buvette de l'intérieur de l'établissement. Ces usages n'absorbent pas toute l'eau de la source, car les 23 baignoires exigent par série 9.200 litres et les 2 piscines 2.400, en tout 11.600. En supposant les 6 séries complètes, on obtient 69.600 litres, dont un tiers au plus, ou 23.200 litres sont de l'eau ferrugineuse. Il faut y joindre la consommation de la buvette, qui est assez grande. En effet, l'eau ferrugineuse arrivant actuellement en grand excès, on ne cherche pas à la ménager, et on laisse constamment ouvert à moitié pendant le jour le robinet de

cette buvette, afin d'éviter que l'eau que l'on aurait à y puiser soit refroidie et amoindrie en qualité par son séjour dans le long tuyau de 100 mètres qui l'amène à l'établissement; ce robinet débite ainsi 150 litres par heure, soit 1.950 litres pour les 14 heures du service, quantité qu'il faut porter à 2.800 litres pour tenir compte de l'eau puisée par les baigneurs et les habitants. La consommation d'eau ferrugineuse atteint ainsi 26.000 litres, et l'on a pour y faire face, non-seulement le débit de la source du Temple, mais également celui du puits Romain. En effet, jusqu'en 1866, le service des bains ferrugineux s'était fait à défaut d'une conduite spéciale, au moyen de la conduite venant du puits Romain, réservoir dans lequel se déversait, par le trop-plein de la cunette, toute l'eau de la source du Temple. Mais ce mode d'administration des eaux ferrugineuses avait le grave inconvénient de leur permettre de se décomposer, tant par leur contact avec l'air et l'eau thermale dans le puits Romain, ce qu'attestaient les dépôts ferrugineux qui s'y formaient, et surabondamment des observations de chaque jour, que par le parcours plus long qu'on leur imposait inutilement. L'établissement de tuyaux de conduite spéciaux se rendant dans chaque cabinet a remédié à cet inconvénient, et a permis d'employer partout l'eau pure du Temple, dosée directement et sur place. Mais malgré cela, quelques médecins préfèrent encore l'emploi du mélange du puits Romain, dont le dosage, opéré souterrainement, leur paraît se rapprocher davantage d'une origine naturelle. Sans doute cette eau est bien moins riche en fer que celle du Temple; aussi la mêle-t-on en plus forte proportion avec l'eau alcaline thermale. En somme, les 21.000 litres d'eau du Temple et les 44.700 d'eau du puits Romain, ayant à suffire à une consommation de 26.000 litres d'eau ferrugineuse au plus, laissent encore un excédant journalier de 40.000 litres environ d'une eau faiblement ferrugineuse.

XIII. RÉSERVOIR DU PUITS ROMAIN.

Le réservoir nommé puits Romain a été établi, soit par les Romains, soit par les Gaulois, qui les avaient précédés à Luxeuil ; en tous cas, il remonte à une haute antiquité. Il a été découvert en 1855, par des travaux souterrains, dans l'intérieur du parc, à 150 mètres au nord du péristyle de l'établissement. Il consistait en un puits circulaire maçonné de 0m,50 de diamètre sur 1m,65 de hauteur, assis sur la roche de grès bigarré, et dans lequel se rendait un mélange d'eaux thermales et de griffons ferrugineux ; on respecta cette disposition, et l'on se borna, ainsi que je l'indique en détail dans le § 6, à élargir l'excavation et à refaire ce réservoir, qui a conservé le nom de puits Romain : il a une capacité utile de 18.690 litres, et ses eaux ont une température moyenne de 27 degrés. Depuis le captage de la source ferrugineuse du Temple et l'établissement de la cunette-réservoir de ce nom, on a fait en outre déboucher dans ce puits le trop-plein de la cunette, qui lui envoie ainsi, pour enrichir son mélange, toute l'eau ferrugineuse non employée à l'état de pureté.

Le mélange d'eaux du puits Romain servait, jusqu'en 1856, à faire le service de tous les bains ferrugineux ; depuis l'établissement d'une conduite spéciale pour la source du Temple, il est quelquefois encore employé à cet usage ; cependant, ainsi que je l'ai indiqué tout à l'heure, on peut, sur les 44.700 litres d'eau qu'il fournit journellement, considérer comme disponible une quantité de 40,000 litres.

§ 5. *Travaux de captage exécutés en 1862 et 1863. Captage de la source ferrugineuse du Temple.*

D'après les observations que j'ai consignées dans le § 3, il n'y a plus opportunité à capter de nouvelles eaux salines

thermales à Luxeuil, car toutes ces sources se communiquant entre elles dans la profondeur, on ne peut augmenter le débit d'un côté sans le diminuer de l'autre, peut-être dans une plus forte proportion. Mais il n'en est pas de même de l'eau ferrugineuse ni de la source non minéralisée Eugénie, puisque toutes deux ont une origine, ou au moins une existence indépendante de celle des sources salines. La source ferrugineuse du Temple et la source Eugénie ont été en effet, en 1864 et 1865, l'objet de travaux de captage que je vais décrire, en indiquant sommairement pour chacune d'elles les travaux antérieurs.

Les eaux ferrugineuses ont été employées depuis un temps immémorial à Luxeuil : les Romains en faisaient usage, mais leurs travaux et leurs établissements sont tombés en ruines. De nouveaux travaux furent établis sur ces sources par les modernes, et Fabert, qui écrivait en 1773, parle de leur efficacité. Toutefois, leur teneur en fer était faible, ainsi que leur affluence, puisqu'elles n'alimentaient que quatre baignoires au bain des Capucins. En 1850, la venue d'eau qui était jusqu'alors de 8 à 9.000 litres d'une eau à 18 ou 19 degrés, ayant considérablement diminué, M. l'architecte Monier fut chargé de s'assurer de l'état et de l'importance des sources, et de faire un projet complet d'un bain ferrugineux spécial. M. Monier ouvrit, en 1851 et 1852, une tranchée partant des Thermes et s'étendant au nord jusqu'au pré de la Blancherie, en s'attachant à suivre une file d'anciens tuyaux de bois, qu'il rencontra sous le sol. Il recueillit ainsi des eaux ayant 17 à 18 degrés de température, et il mesura leur débit qui s'élevait à 9.000 litres en 24 heures. Par suite des découvertes, la municipalité de Luxeuil, alors propriétaire de l'établissement, décida la construction d'un bain ferrugineux. Ces travaux furent ajournés par suite de la cession des Thermes à l'État (30 décembre 1853), et le nouveau bain, appelé bain Impérial, fut construit en 1855 et 1856.

En mars 1855, M. l'ingénieur en chef François, envoyé à Luxeuil pour examiner les travaux à faire au point de vue du captage des sources, constata que l'affluence de l'eau ferrugineuse n'était plus que de 4.750 litres; elle avait donc diminué de moitié depuis trois ans. M. François fit faire en conséquence de nouveaux travaux de recherches, et découvrit un puits de captage très-ancien, maçonné sur un diamètre intérieur de $0^m,50$ et une hauteur de $1^m,65$, auquel on donna le nom de puits Romain : il contenait des eaux thermales ferrugineuses ayant 23 à 24 degrés de température, et c'est de là que partaient les tuyaux de distribution qui se rendaient jusqu'alors au bain des Capucins. On mit ce puits à découvert et l'on remarqua que les eaux qu'il contenait étaient un mélange, d'une part, d'eaux salines thermales ayant 27° à 32° 1/2, et produites par plusieurs griffons dont quelques-uns ferrugineux, et d'autre part, de suintements ferrugineux dont les uns coulaient sur la roche, tandis qu'on voyait les autres s'élever au-dessus des atterrissements qui la recouvraient. Ces eaux ferrugineuses se rassemblaient dans de petites cuvettes établies à dessein au-dessus de la roche, et se rendaient de là dans le puits Romain par trois rigoles en pierre qui débouchaient à sa partie supérieure dans les directions nord-est, est et sud-sud-est. Les griffons qui se présentaient à l'état de mélange, et que l'on avait d'abord considérés comme formés d'une eau thermale ferrugineuse, ont toujours été trouvés d'autant plus riches en fer qu'ils étaient plus froids; au delà de la température de 30 degrés, ils ne contenaient plus aucune trace de fer, ce qui prouve, ainsi du reste qu'on l'a vérifié surabondamment par les travaux du Temple, que cette eau n'est qu'un mélange de filets thermaux chlorurés sodiques, mais non ferrugineux, avec d'autres filets ferrugineux froids. Le puits Romain fut remplacé par un nouveau réservoir établi d'après les mêmes principes, c'est-à-dire assis comme lui sur la roche, mais

offrant une capacité utile de 18.690 litres, qui peut être portée à 43.000 litres en relevant le déversoir; et l'on parvint à y réunir 13.000 litres de suintements ferrugineux et 30.500 d'eaux thermales, en tout 44.000 de débit journalier d'une eau qui a la température de 27 degrés.

On fut en outre conduit à pratiquer dans le terrain, et à proximité du puits Romain, une galerie dans laquelle on fit d'importantes découvertes au point de vue archéologique. On y rencontra d'abord une série de colonnes régulièrement espacées; et comme c'est au même endroit que fut trouvée en 1781 la célèbre inscription votive :

DIVA AVXI
BRICIA REG
CAE AVG
COS
TIB ET PIS
DEDICATVM
TEMPLVM

(Divæ auxiliari Briciæ regnante Cæsare Augusto, Consulibus Tiberio et Pisone dedicatum Templum)

on regarda ces colonnes comme les ruines du temple élevé à la déesse Bricia, et l'on donna à la galerie de recherches le nom de galerie du Temple. Disons en passant que la déesse Bricia, qui était en grande vénération à Luxeuil, présidait aux eaux thermales; c'est de son nom que semble venir le nom de la rivière le Breuchin, qui arrose la vallée, de même que le nom de Luxeuil vient lui-même de *Lixivium* (eau chaude, d'où le français *lessive*).

Une autre découverte que l'on fit dans la galerie du Temple, et qui se lie de plus près au captage des sources, c'est celle d'un canal antique, de 1^{m},30 de hauteur, dont les murs, épais de 0^{m},40 à 0^{m},50, ne comportent en largeur qu'un seul bloc de pierre, et qui est recouvert par des dalles plates, le tout attestant par sa forme et par le choix

des matériaux la puissance massive du génie romain. On pense que ce travail formait un canal d'accès donnant entrée dans la conduite des eaux ferrugineuses, qui passaient au-dessous; quant aux tuyaux de conduite servant aux eaux ferrugineuses, les Romains les avaient établis en bois, dans la crainte d'altérer ces eaux par le contact de la pierre ou du mortier, et ils les avaient fait passer sous le radier de l'aqueduc, qui, à cet effet, ne repose sur la roche que par l'intermédiaire de semelles en bois.

La tranchée creusée en 1856 fut établie le long du canal antique; on y obtint 9.750 litres d'une eau composée de griffons thermaux de 18 degrés à 22 degrés, et de suintements très-ferrugineux : une faible partie de cette eau fut conduite directement à l'établissement, et l'autre partie se rendit au réservoir commun du puits Romain.

D'autres travaux furent exécutés en 1857 et 1858, dans l'espoir d'obtenir une affluence énorme d'eaux ferrugineuses. On découvrit à l'est du Temple une faille dirigée du nord au sud, et qui constituait entre les strates du grès bigarré désunis de part et d'autre, un vide large et profond, comblé par des débris de roche, des atterrissements, des dépôts ferrugineux, et remplis de minéraux cristallisés. Une venue d'eau importante s'y faisait jour; cette eau était très-chargée de fer, mais à mesure qu'on l'épuisait pour faire l'exploration de la faille, sa minéralisation allait en diminuant et finissait par devenir nulle. Le même effet se produisit dans les attaques en roche : la roche de grès laissait filtrer de l'eau qui se faisait jour par tous ses pores, comme si elle eût été emprisonnée dans un réservoir à parois perméables dans lequel elle aurait subi une pression. Mais ce réservoir n'existait nulle part, et cet effet n'était dû qu'au mouvement souterrain des infiltrations ; les galeries percées dans la roche ne firent que donner un écoulement plus facile, mais trop facile à ces eaux, et leur minéralisation diminua.

Il est résulté de ces essais l'indication de la véritable na-

ture des eaux ferrugineuses de Luxeuil, et du mode de captage qui devrait leur être appliqué. Elles ne sont pas de la classe des thermales ferrugineuses; leur minéralisation ne se fait que dans les terrains sédimentaires. L'eau qui les constitue provient d'ailleurs en faible partie de griffons thermaux qui sont doués d'une force d'ascension et viennent traverser la roche de grès bigarré de haut en bas, et en presque totalité d'infiltrations superficielles qui traversent le grès bigarré de bas en haut, et qui, à la faveur de l'acide carbonique qui s'échappe de cette roche dans un certain rayon autour des courants thermaux, acquièrent la propriété de dissoudre le fer et le manganèse qu'elles peuvent rencontrer. Il ne faut donc pas provoquer trop vivement l'écoulement de ces eaux en leur ouvrant des passages plus faciles que ceux qu'elles se sont créés; car elles cesseraient à l'instant, dans toute la région supérieure, de parcourir les fissures de la roche de grès, et par conséquent de lui emprunter ses éléments minéralisateurs. Il faut se borner à recueillir les eaux au moment où elles sortent de la roche et cessent d'être sous pression; et pour cela, il faut établir sur cette roche un simple travail collecteur, et se montrer très-réservé dans les moyens d'appel vers le collecteur; en tous cas, ne produire cet appel que par des conduits complétement immergés, afin d'éviter le contact de l'air. Quant à la quantité d'eau minérale ainsi obtenue, elle ne dépendra plus, le terrain une fois donné, que de la longueur de la galerie collectrice que l'on pourra ou voudra établir, et elle sera généralement proportionnelle à cette longueur. C'est d'après ces principes que durent être établis les travaux de captage entrepris à nouveau en 1864. On avait de plus à éviter la décomposition à laquelle l'eau ferrugineuse de Luxeuil n'est que trop sujette, et l'une des conditions principales du captage devait être de maintenir l'eau à l'abri du contact de l'air, surtout de l'air se renouvelant; une autre, non moins impérieuse, était de la garantir de tout mélange avec les

eaux thermales ou autres, tel que celui qui se fait dans le puits Romain, et par conséquent, de l'amener pure à l'établissement, dans des tuyaux de conduite spéciaux. Voici comment les travaux ont été exécutés.

Au fond de la tranchée, déjà existante, dite du Temple, et en suivant à peu près son axe, c'est-à-dire du nord au sud, on établit dans la roche une petite galerie ou cunette, qui dut servir à la fois de moyen de captage en attirant les eaux des terrains supérieurs, et de réservoir, en les emmagasinant. La roche de grès bigarré se trouve ici à la profondenr de 5 mètres au-dessous du niveau des terres du Parc; les terres ont donc été déblayées sur toute cette hauteur, et sur une largeur de 3 mètres, nécessaire pour l'exécution des travaux; la roche a été ensuite entaillée sur une longueur de 40 mètres en ligne droite du nord au sud, une largeur de 1 mètre et une profondeur de 1^{m},17; le niveau de la roche s'élevant très-légèrement du côté du nord, cette profondeur d'entaillement a été un peu dépassée de ce côté. Le radier de la cunette offre du nord au sud une pente de 0^{m}.01 par mètre, destinée à permettre l'écoulement des eaux. Pendant le travail, on a remarqué à divers endroits des filets d'eau ferrugineuse qui sortaient des terres de recouvrement; et pour en faciliter l'arrivée, on a pratiqué pour les plus importants, de petites amorces dans la roche, afin de les conduire dans la cunette.

Deux galeries d'égouttement ou de drainage destinées à attirer les eaux ferrugineuses des terrains situés au nord et au sud au delà des extrémités de la cunette, ont été en outre creusées, en partant de ces extrémités. Ces galeries ont toutes deux été exécutées à ciel ouvert, et sur une largeur effective de 0^{m}.89; celle qui part de l'extrémité nord se dirige en droite ligne vers le nord-ouest en faisant un angle de 15 degrés, avec l'axe de la cunettte; comme elle a donné plus de suintements ferrugineux que l'autre, on l'a prolongée ainsi sur une longueur de 15 mètres; la galerie

qui part de l'extrémité sud se dirige en se courbant légèrement, vers le sud-ouest; la courbure qui lui a été donnée a eu pour but de la diriger vers les points où l'on trouvait le plus de suintements : elle a été arrêtée à la longueur de 5 mètres. Le radier de chacune de ces galeries offre vers la cunette une pente de $0^{m}.05$ par mètre, nécessaire pour le facile écoulement de l'eau. Ces deux galeries ont été ensuite remblayées sur toute leur largeur et sur une hauteur de $1^{m}.20$ au moyen de débris de moellons jetés sans art, de manière à constituer un drainage dans le terrain ; au-dessus de ces pierrailles, on a fortement pilonné de l'argile corroyée et damée sur une épaisseur de $0^{m},25$, de manière à s'opposer à l'invasion des eaux pluviales ordinaires.

L'eau ferrugineuse de la cunette a été conduite à l'établissement au moyen d'une série de tuyaux en terre cuite, ayant $0^{m},075$ de diamètre intérieur, réunis entre eux par des manchons. La prise d'eau est installée à l'extrémité sud. à $0^{m},05$ au-dessus du radier. Les tuyaux viennent passer dans l'aqueduc souterrain dit du Temple, qui existait déjà, et qui a été seulement prolongé et raccordé avec la cunette; ils passent de là dans l'aqueduc dit du puits Romain, qui existait également, et qui joint le puits Romain à l'établissement, auquel les tuyaux de conduite des eaux de la cunette viennent ainsi aboutir. On a en outre établi dans la cunette, à son extrémité sud et en face de l'embranchement de la galerie du Temple, un tuyau de décharge permettant le nettoyage, et un tuyau pour le jaugeage de l'eau. Enfin, un tuyau de trop-plein a été établi à l'extrémité nord de la cunette et en regard du puits Romain, dans lequel toute l'eau ferrugineuse non utilisée se rend ainsi pour contribuer à la richesse du mélange. Le trop-plein est placé à 1 mètre au-dessus du radier de la cunette, qui peut contenir 40.000 litres d'eau.

La cunette est recouverte par des dalles qui s'appuient de part et d'autre sur la roche entaillée, et qui ont leur surface

inférieure à 1^m.17 au-dessus du radier. Les dalles ont chacune 1^m,40 de longueur, des largeurs variables, et 0^m,20 d'épaisseur; elles sont réunies entre elles et à la roche au moyen d'une couche de mortier. Au-dessus des dalles, on a encore pilonné de l'argile sur une épaisseur de 0^m.35, afin d'éviter les infiltrations; puis on a remblayé le tout. Aux deux extrémités nord et sud de la cunette, on a établi deux puits d'accès en moellons bruts, ayant une section quarrée de 0^m,95 à l'intérieur, et une épaisseur de parois de 0^m,70. Ils s'appuient par la base sur des dalles solides, et s'élèvent jusqu'à la surface du sol. Il était important d'empêcher l'accès et le renouvellement de l'air qui tend à décomposer l'eau ferrugineuse de la cunette, et par conséquent à la rendre impropre à tout usage médical. A cet effet, les deux puits d'accès ont été fermés chacun au moyen de deux dallages en pierre avec tampon de soulèvement placés l'un sur le dallage de la cunette, avec argile damée en dessus, l'autre au niveau du sol pour fermeture. Tous ces travaux ont été terminés en mars 1865, et par conséquent, l'eau ferrugineuse nouvelle a été administrée aux baigneurs pendant toute la saison de 1865.

L'affluence d'eau ferrugineuse a été trouvée par le jaugeage, de 21.000 litres par 24 heures; cette eau peut se rendre à l'établissement de deux manières, soit par les tuyaux de la conduite directe, soit, lorsque celle-ci est fermée, par l'intermédiaire du puits Romain; mais dans ce dernier parcours, elle se mélange avec de l'eau thermale, et elle subit en outre une perte de température et une décomposition partielle par le contact de l'air et par suite de l'allongement de son parcours; si le premier inconvénient peut être négligé, en ce sens que l'eau ferrugineuse ne s'emploie pas pure en bains, et qu'il faut tôt ou tard la mélanger à l'eau thermale, il n'en est pas de même des deux autres : on ne doit donc pas oublier, dans l'administration des eaux de Luxeuil, qu'on a tout avantage à prendre à l'établisse-

ment les eaux ferrugineuses du Temple par leur tuyau de conduite spéciale, et à ne laisser écouler dans le puits Romain que le trop-plein que l'on ne peut pas utiliser autrement.

L'eau prise dans la cunette a 24 degrés de température; la présence du fer y est indiquée par tous les réactifs ordinaires, et notamment par le tannin, qui la fait passer au bout de quelques minutes au rouge vineux et au noir foncé. Elle pèse par litre 1.002 gr,80, tandis que l'eau distillée à la même température ne pèserait que 998 grammes. Aucun gaz ne s'y dégage spontanément, mais en la soumettant à l'ébullition, on en retire, par litre, 43 cc,4 de gaz, qui ne contiennent pas d'oxygène, et qui sont composés de 59,8 p. 100 d'acide carbonique et de 40,2 p. 100 d'azote. Soumise à l'évaporation, elle laisse par litre un résidu de 0 gr,544, composé de 0 gr,267 de sels solubles dans l'eau et de 0 gr,277 de sels insolubles. Ce résidu a une couleur d'ocre rougeâtre; sa saveur est à peine salée et fortement argileuse; en l'humectant avec l'haleine, il exhale également une odeur d'argile très-prononcée. Enfin, son analyse complète, faite en 1866, dix-huit mois après le captage, a été donnée dans le tableau qui termine le § 3.

Les médecins qui ordonnent l'eau ferrugineuse du Temple en bains ne devront pas oublier que cette eau est beaucoup plus chargée en fer que le mélange du puits Romain qu'ils avaient l'habitude d'administrer. Si en effet l'on se reporte à l'exposé historique ci-dessus, on verra que le puits Romain recevait depuis les travaux de 1855, mais avant ceux de 1864, 20.000 litres au plus d'eau ferrugineuse et 30 000 litres d'eau thermale; le principe actif n'entrait donc dans le mélange que dans la proportion de deux cinquièmes, proportion qu'il faut réduire au moins à un tiers si l'on veut tenir compte de ce qu'une partie de cette eau cédait son fer sous l'influence du contact de l'air, décomposition qui n'est que trop prouvée par les dépôts et boues ferrugineuses dont le puits Romain était encombré. L'eau

ferrugineuse actuelle du Temple est donc trois fois plus riche en fer que ne l'était celle du puits Romain, ce que confirme encore l'analyse qui n'a fait découvrir dans cette dernière que $0^{gr},009$ de sesquioxyde de fer au lieu de $0^{gr},028$, soit moins d'un tiers, et $0^{gr},005$ de manganèse au lieu de $0^{gr},014$. Si donc il est vrai que le fer et le manganèse soient les principes actifs de cette eau, on devra à l'avenir, pour produire le même effet thérapeutique, faire entrer dans la composition des bains trois fois moins d'eau ferrugineuse qu'on ne le faisait avant 1864, quand on n'avait à sa disposition que le mélange du puits Romain. Avant 1864, on constituait le mélange balnéaire au moyen d'un tiers d'eau ferrugineuse et de deux tiers d'eau des Cuvettes et du Grand-Bain; il ne faudrait donc plus actuellement qu'un neuvième d'eau ferrugineuse du Temple. Cette précaution a été négligée pendant la saison de 1864, qui a succédé immédiatement au captage, et plusieurs baigneurs se sont plaints d'une action trop vive des eaux ferrugineuses.

Les frais de ce captage fait à l'entreprise se sont élevés à la somme de $3.789^{f},75$ suivant le détail ci-après :

Détail des dépenses du captage des eaux ferrugineuses du Temple.

	fr.
Déblais dans la terre.	779,00
Tranchées dans la roche au pic. . . .	727,70
Raccordement de la cunette avec la galerie du Temple, achèvement et appropriation de celle-ci.	185,40
Dallage au-dessus de la cunette.	434,70
Maçonnerie pour les puits d'accès et quelques autres.	468,75
Ciment et dalles de regard.	105,00
Tuyaux sur 76 mètres de longueur. . .	313,05
Robinets et pièces métalliques.	70,00
Argile damée et pierrailles.	426,05
Remblai partiel de l'excavation.	210,00
Fourniture en régie.	70,10
Total.	3.789,75

§ 6. *Captage de la source Eugénie.*

De nouveaux crédits ayant été accordés au service des mines, on entreprit, au commencement de l'année 1865, le captage de la source Eugénie, travail qui était depuis plusieurs années demandé par l'établissement et projeté par les ingénieurs des mines.

La source Eugénie jaillit à 150 mètres environ au nord-est de l'établissement thermal, dans le pré de la Blancherie, que l'État a acquis de M. Martin en 1857.

Il y a environ quatre-vingts ans, M. Martin avait réparé l'encaissement de cette source ; son travail n'avait consisté que dans la construction d'un petit puits circulaire de 0^{m},70 de diamètre et de 2 mètres de profondeur, en moellons piqués, recouvert d'un dallage en pierre. Par suite de remblayements exécutés plus tard dans le parc, notamment lors de l'enlèvement de la grande chaussée transversale est-ouest, ce dallage se trouvait à plus de 2^{m},30 au-dessous du niveau du sol actuel. Ces terres furent enlevées, et une tranchée qui devait servir plus tard pour la pose des tuyaux de conduite, fut ouverte dans la direction de l'établissement, sur 5 mètres de largeur, sur une profondeur maximum de 6^{m},50, et sur une longueur de 45 mètres. Le puits de M. Martin fut démoli, et en ce point la roche fut mise à nu sur un espace circulaire de 10 mètres de diamètre.

La tranchée s'est trouvée creusée à peu près complétement dans des terrains remaniés et ébouleux, qui ont occasionné quelque dépense en main-d'œuvre; le travail a été gêné par l'affluence considérable des eaux de la source ; à partir de la profondeur de 4^{m},50, les déblais ont été enlevés sous l'eau.

Ces fouilles ont fait découvrir des objets d'antiquité et des restes de construction fort curieux, et qui semblent

appartenir à deux époques distinctes, les uns aux premiers temps de l'occupation de la Gaule par les Romains, les autres, plus anciens, puisqu'ils étaient placés plus bas, à l'époque où le pays était habité par les Gaulois ou les Celtes.

On a d'abord mis à découvert des murs en moellons fort bien faits et parfaitement conservés. Ces murs ne reposaient pas sur la roche même, mais bien sur une couche de crassin sablonneux mélangé de cendres, qui la recouvre sur l'épaisseur de 1 mètre. A 4 mètres de profondeur, on a découvert une médaille romaine à l'effigie de Constantin; à 1 mètre plus bas, une autre médaille de Domitien; enfin, à $0^m,50$ seulement au-dessus de la roche, dans une terre noirâtre qui recouvrait la couche de crassin sablonneux ici moins épaisse que tout à l'heure, une troisième médaille à l'effigie d'Auguste. Ainsi, ces trois témoins, dont l'âge ne peut être l'objet d'un doute, se trouvent superposés les uns aux autres dans l'ordre d'ancienneté, et semblent marquer les exhaussements successifs du sol. A la même profondeur et toujours au-dessus de la couche de crassin sablonneux, se trouvait une tête en pierre de grès très-bien sculptée et parfaitement conservée : le col est brisé, et aucune autre partie de la statue à laquelle elle appartenait n'a été retrouvée. Tous ces objets, qui ont été recueillis et sont conservés au musée des Thermes, gisaient pêle-mêle avec des débris de poteries rouges romaines, et des poutres en bois de chêne décomposées et en partie carbonisées par le feu.

A l'émergence de la source, et sur une certaine longueur à partir de ce point, des piédestaux de colonnes, à base quarrée, en pierre, reposant les uns sur la roche, les autres $0^m,30$ environ au-dessus, ont été mis à découvert. Ces colonnes étaient disposées avec ordre, et sur deux rangées parallèles, se faisant face deux à deux; leur distance d'axe en axe dans une même rangée est de $3^m,55$, et l'intervalle qui sépare les deux rangées est de $7^m,85$; leur base est un

bloc quarré de 0m,95 de côté ; elles se composent de dés superposés à 1m,95 de hauteur ; la dernière assise a 0,m44 de côté. A l'ouest de la tranchée cinq colonnes ont été mises à découvert ; deux seulement du côté de l'est ont pu être dégagées, parce que les travaux ne devaient pas s'étendre plus loin dans cette direction. Au pied de celle qui se trouve au sud, parmi ces dernières, on a rencontré une hache romaine en fer, assez bien conservée. Un mur en gros carreaudages a été retrouvé à l'alignement des deux colonnes du parement de l'est, et fait supposer que l'ensemble du travail devait consister soit en un réservoir, soit en un aqueduc. A l'appui de la première hypothèse, on peut invoquer ces deux circonstances : que les quatre colonnes qui se trouvent au point d'émergence comprennent dans le centre du rectangle qu'elles forment le griffon principal de la source du pré Martin, et que le parement ouest, derrière les colonnes, était formé de grosses pièces de bois de chêne superposées et reliées à angle droit à 10 mètres en aval du point d'émergence, à d'autres pièces de bois se dirigeant du côté de l'est pour rencontrer la maçonnerie de ce parement. Toutes ces pièces de bois étaient exactement superposées, et l'étanchement, à l'extérieur de l'enceinte qu'elles formaient, était obtenu au moyen d'une chape de 0m,50 d'épaisseur, formée d'une argile blanchâtre, purgée de pierrailles, imperméable et soigneusement damée, qui ne se rencontre qu'à quelques kilomètres dans les environs de Luxeuil.

Dans la deuxième hypothèse, ces ruines feraient partie de l'ancien aqueduc de 300 mètres de longueur, qui, si l'on ajoute foi à un ancien manuscrit déposé aux archives de la ville de Luxeuil, s'étendait depuis l'établissement jusqu'à la Corvée. Il faut noter en outre que la direction de ces colonnes passe à peu près dans l'emplacement du canal antique découvert lors des travaux de captage de la source ferrugineuse.

Quelle qu'ait été leur destination, ces constructions sont évidemment d'origine romaine, ainsi que les objets cités plus haut; mais ceux que je vais citer maintenant ont été trouvés à une plus grande profondeur, et au-dessous de la couche de crassin sableux qui supporte les constructions précédentes.

A 15 mètres en aval de la source, et sur une longueur de 12 mètres, on a mis à découvert sur la roche même, dans un lit de terre noire de $0^m,70$ d'épaisseur, au-dessus duquel se trouvait la couche de crassin sableux, qui n'avait ici que $0^m,30$, un amas de figurines et de bustes en bois, de $0^m,40$ environ de hauteur en général. Elles représentaient des hommes, des femmes, des prêtres peut-être, autant qu'on put en juger par les traits du visage; et la plupart avaient la tête couverte d'un capuchon pointu, qui descendait jusque sur le front; d'autres avaient la tête nue et les cheveux coupés en cercle régulier et très-bas sur le front. Ces statuettes ont été trouvées et retirées de la tranchée au nombre de plusieurs centaines; et leur dépôt paraissait s'étendre encore à droite et à gauche des parties traversées, sur une largeur qui n'a pas été reconnue. Elles sont en bois de chêne, et se trouvaient en partie décomposées; le bois était carbonisé non-seulement par suite de son long séjour dans une terre humide, mais aussi pour quelques-unes par l'action du feu, qui a paru pouvoir se distinguer. Transportées à l'air, elles se détérioraient promptement, et tombèrent presque toutes complétement en poussière au bout de peu de temps; celles qui ont été conservées au musée ne sont plus reconnaissables. La sculpture de ces figurines était très-grossière, ce qui, joint à la position dans laquelle elles ont été trouvées, les place à une époque antérieure à l'arrivée des Romains, et doit les faire attribuer au ciseau peu savant des Gaulois ou des Celtes. Elles représentaient sans doute des héros, des druides, ou des divinités; et quant à leur présence en un aussi grand nombre dans un

même lieu, il y a plusieurs manières de la comprendre.

Au temps où les Thermes de Luxeuil étaient déjà florissants, il pouvait se trouver à proximité d'eux une fabrique d'objets de dévotion, où les baigneurs du temps venaient faire emplette d'un dieu lare ou d'une statuette, comme souvenir de leur guérison à Luxeuil. Lors de l'invasion des bandes romaines, les propriétaires auront emporté les objets les plus précieux, et laissé les plus encombrants, et les vainqueurs auront livré aux flammes ou détruit les bâtiments. Peut-être encore toutes ces statuettes ornaient-elles les salles des Thermes au temps des Gaulois, et auront-elles, au moment de l'invasion, été jetées dans le marais par les habitants, désireux de les retrouver un jour, ou jaloux de ne pas les laisser tomber aux mains du vainqueur. On sait en effet qu'il existait vers cet endroit, au nord des bâtiments actuels, un marais qui ne fut desséché qu'il y a une centaine d'années, sous le règne du roi Louis XV.

Au point d'émergence de la source Eugénie, la roche de grès bigarré ayant été mise à nu, comme il a été dit plus haut, sur un espace circulaire de 10 mètres de diamètre, se montra stratifiée avec une inclinaison de 4 à 5 degrés du N.-E. au S.-O; elle était criblée de fissures courant dans tous les sens, mais dont les principales étaient parallèles à la direction de la couche; toutes donnaient issue à des griffons plus ou moins abondants. La roche, qui était désagrégée à sa surface, fut entaillée sur une hauteur de $0^{m}.50$, afin de permettre l'établissement des fondations du réservoir; les griffons diminuèrent alors de nombre, en se réunissant les uns aux autres dans la profondeur. Le jaillissement des eaux ne s'arrêtait pas à l'espace circulaire de 10 mètres mis à nu; il suffisait d'enlever les terres sur un nouvel espace pour découvrir de nouveaux griffons analogues aux premiers, principalement dans la direction de l'ouest. L'eau affluant avait une température de 24 degrés; elle venait probablement de fort loin, car sa force ascen-

sionnelle avait suffi autrefois pour permettre de l'élever jusqu'à 5 mètres au-dessus du niveau de la roche. Le mode de captage le plus simple qui pût être employé ici était la construction d'un réservoir, assis sur la roche même, entouré de murs étanches, et recouvert d'un dallage. Mais il était impossible, puisque les griffons s'étendaient indéfiniment, de construire un réservoir qui les embrassât tous; il fallait nécessairement lui donner des dimensions limitées, qui furent déterminées par l'importance du crédit dont on disposait, et par une prévision excessivement large de la consommation possible de l'établissement dans le présent et dans l'avenir. Les limites du réservoir furent tracées de manière à embrasser les griffons les plus importants; elles enferment un espace rectangulaire de 4^{m},68 (est-ouest), sur 3^{m},68 (nord-sud) intérieurement.

Les murs du réservoir ont été élevés sur une épaisseur de 0^{m},60 et sur une hauteur de 2 mètres; ils sont formés de cinq assises de carreaudage de 0^{m},40 d'épaisseur, assemblés avec moulines et joints coulés au ciment hydraulique de la Porte-de-France; ces carreaudages ont une épaisseur de 0^{m},10, et derrière eux se trouve une épaisseur de 0^{m},10 en maçonnerie de moellons. Les murs sont ainsi d'une solidité à toute épreuve contre la poussée des terres, et sont en même temps complétement étanches pour l'eau du réservoir.

L'eau qui arrive par les griffons est chargée d'une quantité notable d'un sable excessivement fin qui, avant le captage actuel, se déposait dans les tuyaux de conduite, et arrivait jusque dans les fontaines ornementales de la cour d'honneur, à une distance de 200 mètres. Afin de permettre à ce sable de se déposer dans le réservoir, d'où il sera facile de l'enlever, la prise d'eau a été placée à 0^{m},30 au-dessus du fond, coto qui correspond à 1^{m},40 au-dessus du dallage du vestibule central de l'établissement, et laisse par conséquent une latitude suffisante pour la pente. Cette prise d'eau consiste en un tuyau de poterie, protégé par une

pomme d'arrosoir, et s'ouvrant sur le grand côté sud du réservoir, en regard de la tranchée ; ce tuyau forme la naissance d'une conduite d'eau en poterie, de $0^m,075$ de diamètre intérieur, qui suit d'abord cette tranchée, puis l'aqueduc romain, et arrive à l'établissement après un parcours de 180 mètres. La tranchée a été convertie en galerie au moyen de deux murs en moellons, de $0^m,50$ d'épaisseur. Cette galerie, qui devra prendre le nom de *galerie Eugénie*, part ainsi du réservoir de la source de ce nom, et vient s'embrancher sur l'aqueduc romain après un parcours de 55 mètres. Elle a $0^m,80$ de largeur et $1^m,20$ de hauteur ; elle est recouverte au moyen de dalles de $0^m,20$ d'épaisseur, puis par des terres de remblai sur une hauteur de $3^m,95$.

Au fond du réservoir a été placé un tuyau en fonte de $0^m,155$ de diamètre, muni d'une bonde, qui permet de le vider rapidement quand on veut y avoir accès ; l'eau s'écoule alors par le radier de la galerie Eugénie.

A la partie supérieure du réservoir se trouve placé le déversoir de trop-plein, qui laisse écouler l'eau par la même voie ; il est placé à $1^m,90$ au-dessus du fond, et par conséquent à $1^m,60$ au-dessus de la prise d'eau.

Derrière les murs du réservoir, et sur une largeur de 1 mètre qui avait dû être déblayée pour permettre les travaux, se trouvaient de nouveaux griffons donnant encore une certaine quantité d'eau ; cette eau, au moment où elle sort de la roche, est la même que celle du réservoir, mais elle se mélange avec les infiltrations de la surface ; ainsi on a remarqué qu'à l'est, côté des infiltrations ferrugineuses et de la source du Temple, elle était colorée en brun par la présence du fer, qui y forme également des dépôts boueux, mais qui s'y trouve cependant en trop petite quantité pour pouvoir être considéré comme un principe actif. Il n'était pas sans intérêt de recueillir cette nouvelle quantité d'eau, puisque cela pouvait se faire, pour ainsi dire, sans nouvelle dépense ; en la captant au moyen d'un tuyau spé-

cial, on restait toujours maître de la mélanger à celle du réservoir, ou d'en disposer à son gré. A cet effet, un barrage en argile damée a été établi en prolongement du petit côté Est du réservoir pour séparer la région ouest de la région Est, attendu que cette dernière ne donne que très-peu d'eau, environ huit fois moins que l'autre. Puis au-dessus de la roche mise à nu, et sur tout le pourtour du réservoir (sauf sur le grand côté du sud que les exigences des travaux n'avaient pas obligé à dégager par sa face extérieure), il a été placé sur la largeur de 1 mètre et sur une épaisseur de $0^m,60$ un lit de pierrailles et débris de moellons destiné à opérer un drainage du terrain et à faciliter l'arrivée de l'eau. Les eaux de la région Est ont été recueillies dans un tuyau en poterie qui débouche à travers la paroi de la galerie Eugénie; celles de la région ouest, qui sont plus importantes, ont été recueillies dans un tuyau de plomb de $0^m.07$ de diamètre intérieur, qui s'appuie sur la roche, entre dans le réservoir par une ouverture ménagée à cet effet dans sa paroi ouest, près de l'angle nord-ouest, et vient en sortir en face de la galerie Eugénie, et au niveau du tuyau de prise d'eau, pour se réunir de suite dans la galerie au tuyau venant de l'est. Ce tuyau commun est fermé par un robinet, et pourra, si les besoins l'exigeaient, former la naissance d'une nouvelle conduite se rendant à l'établissement. Il était nécessaire de faire passer le tuyau venant de l'ouest dans l'intérieur du réservoir, afin de pouvoir le visiter et en enlever le sable qui ne manquera pas d'y être déposé par l'eau des griffons. A cet effet, le tuyau de plomb a été composé de segments faciles à démonter et réunis par des collets boulonnés. La même précaution n'était pas nécessaire pour le tuyau de l'est, qui recueille des eaux moins abondantes, plus spécialement formées d'infiltrations, et qui ne règne que sur un côté du rectangle; si d'ailleurs l'issue des griffons de l'est venait à être bouchée par le sable, elle se ferait en compensation plus abondante

du côté de l'ouest. Enfin, par-dessus le drainage en pierre, on a fortement pilonné de l'argile sur une épaisseur de 1 mètre, afin de s'opposer autant que possible aux infiltrations superficielles, qui cependant pourront toujours arriver latéralement. Tous ces travaux ont été conduits de telle manière que dès l'ouverture de la saison de 1865, l'eau de la source Eugénie est arrivée par sa conduite à l'établissement, où elle a été utilisée.

Pour couvrir le réservoir, une voûte eût exigé la pose de cintres embarrassants, et nécessité de nouveaux déblais sur les côtés, et une surélévation du sol du parc, à cause de la flèche à lui donner ; un recouvrement en dalles plates a été jugé plus simple de pose, plus solide et moins coûteux. Pour soutenir ce recouvrement, six colonnes quarrées, de 0^{m},40 de côté, ont été élevées depuis le fond du réservoir et placées sur deux rangs, dans le sens de sa plus grande dimension. Elles sont établies en carreaudages avec moulines en ciment, comme les murailles elles-mêmes, et s'élèvent à la hauteur de 2 mètres. Sur leurs têtes reposent deux lignes de gros carreaudages, à section quarrée de 0^{m},40 de côté, et sur ces deux lignes a été placé le dallage de recouvrement, formé de dalles de 0^{m},20 d'épaisseur.

Au point de jonction du réservoir et de la galerie Eugénie, a été établi un puits d'accès avec chambre permettant d'aborder dans l'un et l'autre de ces deux ouvrages. Il repose sur les murs de la galerie ; il a une section quarrée de 0^{m},95 intérieurement, et une épaisseur de parois en moellons bruts, de 0^{m},70 ; il s'élève jusqu'à la surface du sol, et il est fermé au moyen de deux dallages en pierre avec tampon de soulèvement placés, l'un au niveau du dallage du réservoir, l'autre au niveau du sol pour fermeture. Par-dessus les ouvrages ci-dessus décrits, on a opéré le remblai des terres ; le niveau du sol est, en cet endroit, élevé actuellement de 3^{m},05 au-dessus du dallage recouvrant le réservoir.

La section horizontale utile du réservoir est de 16.262

mètres quarrés ; sa capacité jusqu'au déversoir est de 31.000 litres.

Le débit de la source varie suivant la pression d'eau dont les griffons sont chargés, c'est-à-dire suivant la hauteur de l'eau dans le réservoir. Pour en déterminer les variations, deux séries d'expériences ont été faites. Dans la première série, la prise d'eau étant fermée, ainsi que les tuyaux desservant le pourtour du réservoir, on a fermé la bonde de fond pour remplir le réservoir, et l'on a obtenu les résultats suivants :

TEMPS ÉCOULÉ		NIVEAU de l'eau observé.	ACCROISSEMENT de hauteur de l'eau.	VOLUME d'eau partiel obtenu.	PRESSION moyenne.	LE VOLUME obtenu sous cette pression correspond en 24 heures à
partiel.	total.					
minutes.	minutes.	m. m.	m. m.	litres.	mètres.	mètres cubes.
Origine.	0	Repère : 0m,30 au-dessus de la roche.	»	»	»	»
10	10	165	135	2.195	0,098	316
10	20	285	120	1.951	0,225	281
10	30	395	110	1.789	0,340	258
10	40	500	105	1.708	0,448	246
10	50	600	100	1.626	0,540	234
10	60	696	96	1.561	0,648	225
10	70	790	94	1.530	0,743	220
10	80	878	88	1.431	0,834	206
10	90	958	80	1.301	0,918	187
10	100	1.035	77	1.252	0,997	180
70	170	1.480	445	7.237	1,258	149
115	285	1.900 déversoir.	420	6.830	1,690	86

D'après ces expériences on voit que la source a un débit de 316.000 litres par jour sous une pression moyenne de 0m,098 ; lorsque l'eau est au niveau de la prise d'eau, c'est-à-dire exerce la pression de 0m,300, le débit n'est plus que de 270.000 litres, et une quantité de 46.000 litres s'échappe par les griffons dans l'intérieur de la roche, et disparaît ; le débit se réduit à 180.000 litres lorsque la pression est de 1 mètre, et à 80.000 litres environ lorsque

l'eau est à la hauteur du déversoir, $1^{m},90$ au-dessus du fond; la différence disparaît par les griffons et se perd. Mais l'artifice résultant du drainage du pourtour du réservoir et de la pose des deux tuyaux ouest et est permet de recueillir une partie de cette eau si l'on en a besoin, ainsi que le prouve la seconde série d'expériences. Dans cette deuxième série, l'on a laissé ouverts ces deux tuyaux, dont on a mesuré séparément les débits; en les ajoutant au débit accusé par l'accroissement du niveau dans le réservoir, on a obtenu les résultats suivants :

TEMPS écoulé		NIVEAU de l'eau observé dans le réservoir.	DEPUIS la dernière expérience.			TUYAU OUEST		TUYAU EST		Les 2 tuyaux réunis ont un débit correspondant en 24 heures à	MOYENNE entre deux expériences consécutives.		VOLUME d'eau total obtenu sous cette pression calculé pour 24 heures.
				Volume d'eau									
partiel.	total.		Accroissement de niveau dans le réservoir.	obtenu dans le réservoir	correspond en 24 heures à	emplit un vase de 13l.40 en	Ce qui correspond en 24 heures à	emplit un vase de 13l.40 en	Ce qui correspond en 24 heures à		Débit des 2 tuyaux réunis, calculé pour 24 heures.	Pression d'eau à ce moment dans le réservoir.	
min.	min.	mètres.	millim.	lit.	litres.	secondes.	litres.	secondes.	litres.	litres.	litres.	mètres.	litres.
0	0	0,030				28,5	40.600	0	0	40.600			
10	10	0,153	123	2.000	288.000	28,0	41.300	0	0	41.300	40.950	0,092	329.000
7	17	0,237	84	1.366	281.000	20,5	56.400	0	0	56.400	48.800	0,145	329.800
10	27	0,336	99	1.610	231.800	18,5	62.600	0	0	62.600	59.500	0,287	291.300
12	39	0,445	109	1.770	212.400	16,0	72.400	0	traces	72.400	67.500	0,391	279.900
11	50	0,545	100	1.626	212.700	14,0	82.700	485	2.400	85.100	78.700	0,495	291.400
12	62	0,636	91	1.480	177.600	13,0	89.100	180	6.400	95.500	90.300	0,591	267.900
10	72	0,708	72	1.171	168.600	12,5	92.600	150	7.700	100.300	97.900	0,672	266.500
8	80	0,762	54	877	157.900	12,0	96.500	129	9.000	105.500	102.900	0,735	260.700
10	90	0,824	62	1,014	146.100	12,0	96.500	102	11.300	107.800	106.600	0,793	252.700
12	102	0,893	69	1,122	134.600	11,75	98.500	86	13.500	112.000	109.900	0,859	244.500
10	112	0,947	54	878	126.400	11,5	100.500	83	13.900	114.400	113.100	0,920	239.500
10	122	0,990	43	699	100.700	11,25	102.900	75	15.400	118.300	116.300	0,969	217.000

TEMPS écoulé.		NIVEAU de l'eau observé dans le réservoir.	DEPUIS la dernière expérience.			TUYAU OUEST		TUYAU EST		Les 2 tuyaux réunis ont un débit correspondant en 24 heures. à	MOYENNES entre deux expériences consécutives.		VOLUME d'eau total obtenu sous cette pression calculée pour 24 heures.
			Accroissement de niveau dans le réservoir.	volume d'eau									
partiel.	total.			obtenu dans le réservoir.	correspond en 24 heures. à	emplit un vase de 13l,40 en	Ce qui correspond en 4 heures à	emplit un vase de 13l,40 en	Ce qui correspond en 24 heures à		Débit des 2 tuyaux réunis calculé pour 24 heures	Pression à ce moment dans le réservoir.	
min.	min.	mètres.	millim.	litres.	litres.	secondes.	litres.	secondes.	litres.	litres.	litres.	mètres.	litres.
10	132	1,034	44	716	103.100	11,00	6.400	70	16.500	121.700	120.000	1,012	223.100
10	142	1,078	44	716	103.100	10,75	108.900	65	17.800	125.400	123.500	1,056	226 600
10	152	1,121	43	699	100.700	10,50	110.200	61	18.900	129.100	127.200	1,100	227.900
10	162	1,163	42	683	98.300	10,25	111.900	59	19.600	131.800	130.300	1,142	228.800
10	172	1,202	39	634	91.300	10,00	115.800	58	19.900	135.700	133.600	1,183	224.900
10	182	1,239	37	601	86.500	9,50	121.800	50	23.100	144.900	140.300	1,221	226.800
10	192	1,270	32	520	74.900	9,75	118.700	49	23.700	142.400	143.600	1.255	218.500
10	202	1,300	30	487	70.100	9,00	129.700	48	24.100	153.300	148.100	1,285	218.200
10	212	1,327-	27	439	63.200	9,00	129.700	47	24.600	154.300	154.000	1,314	217.200
10	222	1,353	26	422	60.800	9,00	129.700	47	24.600	154.300	154.300	1,340	215.100
17h,21'	21h,03'	1,900	517	8.895	12.300		133.400		32.500	165.700	160.000	1,626	174.200

On voit par ce tableau que, lorsqu'on laisse ouverts les tuyaux du pourtour, il arrive moins d'eau dans le réservoir, mais qu'on en obtient davantage si l'on ajoute au débit du réservoir le débit des tuyaux eux-mêmes. Cette comparaison est mise en évidence dans le tableau ci-après, qui résume les deux précédents :

LA PRESSION dans le réservoir étant :	QUANTITÉ D'EAU RECUEILLIE EN 24 HEURES : en mètres cubes				BÉNÉFICE dû à l'addition des tuyaux.
	les tuyaux étant fermés,	les tuyaux étant ouverts			
		par le réservoir.	par les tuyaux.	total.	
					mèt. cub.
0,10	316	288	41	329	13
0,20	290	260	52	312	22
0,30	265	230	61	291	26
0,40	250	212	69	281	31
0,50	240	212	79	291	51
0,60	230	177	91	268	38
0.70	222	150	100	250	28
0,80	210	145	107	252	42
0,90	190	128	112	240	50
1,00	180	104	118	222	42
1,10	»	101	127	228	»
1,20	»	89	137	226	»
1,255	150	75	144	219	69
1,690	86	12	162	174	88

Ainsi les tuyaux recueillent une partie des eaux que la pression du réservoir refoule dans les griffons. Afin d'éviter que ces eaux n'arrivent à se frayer quelque passage souterrain plus facile qu'ensuite elles n'abandonneraient plus, il sera bon de laisser les tuyaux constamment ouverts, jour et nuit, même en dehors des saisons thermales.

En résumé, il résulte des expériences ci-dessus que le débit maximum de la source Eugénie est de 330 mètres cubes en 24 heures, sur lesquels 300 mètres cubes environ peuvent être conduits à l'établissement.

Cette quantité est de beaucoup supérieure à celle que l'on peut utiliser en ce moment ; si, en effet, l'on ferme les

tuyaux de drainage du pourtour, mais que l'on ouvre la prise d'eau ainsi que tous les tuyaux et robinets au nombre de 30 à 40, qui alimentent les fontaines, la machine, les bains, enfin toutes les parties de l'établissement; si l'on maintient tous ces tuyaux à leur maximum d'ouverture de manière à ce qu'ils débitent tout ce qu'ils peuvent débiter, le niveau se fixe dans le réservoir à $1^m,255$ au-dessus du fond, soit $0^m,95$ au-dessus de la prise d'eau, et le débit total correspond à 150 mètres cubes. Or, l'établissement n'étant ouvert que pendant le jour, et ne faisant jamais fonctionner tous ses services à la fois, sa consommation réelle dans les jours les plus chargés ne dépasse certainement pas la moitié de ce chiffre, soit 75 mètres cubes en 24 heures. La source, telle qu'elle est captée, peut donc suffire à une consommation au moins quatre fois aussi forte que celle de l'établissement. Avant les travaux de captage ci-dessus décrits, l'affluence d'eau de la source Eugénie ne dépassait pas 1.600 litres par heure, ou 40 mètres cubes en 24 heures. La température de l'eau, qui n'était que de 17°,5, est actuellement de 24 degrés dans le réservoir, la température de l'atmosphère étant de 16 degrés.

M. Braconnot, qui a analysé cette eau en 1837, la considère comme une des plus pures que l'on connaisse; d'après ce chimiste, elle ne donnerait par l'évaporation que 1/50.000 de son poids de dépôt, tandis que celle de Porla (Hongrie), citée par Berzélius pour sa pureté, en renferme dix fois plus (1/5.000). Avant son acquisition par l'État, l'eau de la source Eugénie était utilisée par les distillateurs de Luxeuil, à cause de sa propriété de ne pas produire de trouble par son mélange direct avec les alcools. Depuis 1857, elle était amenée, mais en très-petite quantité, par les travaux de M. Martin, dans le bain Impérial, où elle servait à faire des affusions froides. Elle est employée actuellement aux usages que j'ai indiqués dans le § 4.

L'eau de la source Eugénie laisse échapper spontanément

et d'une manière continue une grande quantité de bulles de gaz ; ce gaz est composé de 99,10 p. 100 d'acide carbonique et de 0,90 p. 100 d'azote. Comme il se dégage surtout en grande abondance au moment où l'on diminue la pression en vidant le réservoir, il faut noter qu'il pourrait être dangereux de pénétrer dans celui-ci sans l'avoir aéré au préalable.

Pendant le court espace de temps où les eaux de la source Eugénie ont pu arriver dans le réservoir avant que celui-ci ne fût couvert, elles avaient déjà donné naissance à des végétaux aquatiques, qui s'étaient attachés aux parois intérieures ; leur croissance a paru s'arrêter dès que le réservoir a été couvert ; on sait du reste que la lumière est généralement un élément essentiel au développement de ces conferves.

Les travaux du captage de la source Eugénie ont été faits en régie ; leur dépense s'est élevée à 3.669f.25 qui se répartissent comme suit :

Dépenses du captage de la source Eugénie.

	fr.
Terrassements	1.438,30
Maçonnerie du réservoir.	1.556,75
Construction du puits d'accès et de la galerie muraillée Eugénie.	420,50
Dallage du réservoir et de la galerie. . . .	110,25
Tuyaux, robinets et pièces métalliques. .	104,05
Surveillance.	0,00
Dépenses diverses.	39,40
Total.	3.669,25

§ 7. *Améliorations projetées.*

Il y a dans tout établissement thermal, au point de vue de son exploitation, trois éléments distincts : la quantité d'eau minérale captée et recueillie, le nombre des cabinets de bains (et piscines) mis à la disposition du public, et le

nombre des baigneurs qui viennent réellement chaque année faire usage des eaux. Dans tout établissement thermal, on trouvera un élément en excès et un autre en défaut, et l'on devra s'efforcer de développer ce dernier pour le mettre au niveau des autres. A Luxeuil, l'élément en excès est le nombre des baigneurs ; il s'est élevé, depuis 1841, aux chiffres suivants :

De 1841 à 1858.	500	Baigneurs en moyenne par an.
En 1858.	907	
1859.	901	
1860 (année très-froide).	762	
1861.	1.063	
1862.	1.035	
1863.	1.246	
1864.	1.640	
1865.	1.393	

Ce nombre a donc quadruplé depuis dix ans ; la progression qui s'y manifeste ne peut être due qu'à la vertu mille fois constatée des eaux, car les entraînements de la mode, les recherches du luxe et même du confortable, les séductions du plaisir, n'y ont bien certainement aucune part ; et d'un autre côté l'établissement appartenant à l'État, ne fait non plus aucun appel direct aux visiteurs.

Quant à l'élément en défaut, il faut distinguer à ce sujet entre les deux parties de l'établissement, qui sont consacrées à l'administration d'eaux de natures toutes différentes, l'une servant aux bains alcalins, l'autre aux bains ferrugineux : dans les bains alcalins, c'est l'eau qui fait défaut, et qui menace de manquer bientôt presque complétement ; dans les bains ferrugineux, c'est le nombre de cabinets de bains qui est tout à fait au-dessous des besoins actuels.

Afin de ménager l'eau des sources chaudes du Grand-Bain, des Cuvettes et des Dames, on ne la fait entrer dans les bains que pour les deux tiers, et à l'état d'eau chaude ; l'eau froide formant l'autre tiers est fournie par les sources

Eugénie, d'Hygie et des Fleurs; or la première n'est pas minéralisée; les deux autres le sont peu; et si elles jouissent de propriétés thermales, toutes trois ne sont cependant pas de la même nature que les sources chaudes ci-dessus citées; il serait préférable pour le traitement, de pouvoir employer exclusivement l'eau thermale des sources les plus chargées de sels, amenée par refroidissement à la température convenable pour chaque malade. Pour cela, il faudrait augmenter le débit des sources chaudes, et les obtenir exemptes du mélange d'eau ordinaire qu'elles subissent dans les couches supérieures. Or leur débit, loin d'augmenter, ce qui n'est guère possible dans l'état normal des choses, va au contraire en diminuant avec une rapidité inquiétante, surtout depuis une dizaine d'années. En neuf ans, de 1857 à 1866, d'après les jaugeages faits par M. Leconte et par moi, comme d'après le temps, que tout le monde peut observer, nécessaire aux sources pour remplir leurs piscines, bassins ou réservoirs, la source de l'Aqueduc a diminué de 5.510 ou 29 p. 100; celle du bain des Dames, de 3.073 litres, ou 6 p. 100; celle du Bain-Gradué, de 4.184, ou 26 pour 100; celle des Bénédictins, de 2.593 litres, ou 24 p. 100; celle du Grand-Bain, de 2.176, ou 5 p. 100; celle des Cuvettes, de 6.288 litres, ou 31 p. 100; enfin celle des Capucins, de 27.984 litres, ou 69 p. 100. Ainsi, toutes les sources chaudes ont, depuis 1857, éprouvé dans leur débit des diminutions dont l'ensemble atteint 52.000 litres sur 205.000, ou 25 p. 100, et qui continuent à s'aggraver tous les jours. Ces diminutions ne peuvent être dues qu'à trois causes différentes qui sont : la disparition partielle des sources se frayant de nouveaux passages souterrains, des pertes survenues au point du captage, et des fuites se produisant sur le parcours des tuyaux, depuis le point d'émergence jusqu'aux réservoirs. De ces trois causes, la dernière doit être écartée, car tous les tuyaux de conduite ont été et sont fréquemment visités, au

moins dans leurs parties accessibles, et aucune fuite n'y a été trouvée ; il ne pourrait donc en exister que dans les parties qui sont, comme les points de captage eux-mêmes, inabordables, et recouverts de constructions ; dès lors l'on rencontrerait, pour les visiter ou les réparer, les mêmes difficultés que pour remédier aux fuites provenant de la seconde cause, c'est-à-dire prenant naissance aux points mêmes d'émergence, par suite d'une détérioration du captage. Malheureusement les bâtiments des Thermes de Luxeuil, établis il y a précisément un siècle, sont, pour la plupart, construits au-dessus même des points d'émergence des sources, de sorte que pour visiter, réparer, refaire les captages, il faudrait le plus souvent enlever le pavé des salles de piscines, détruire des cabinets de bains, démolir même les murailles principales de l'édifice ; cette réparation est donc une opération inabordable dans la pratique.

Pour augmenter la quantité d'eau chaude disponible, ou du moins pour parer à sa diminution graduelle et la maintenir à un chiffre raisonnable, on ne peut pas non plus chercher à ouvrir des points d'émergence nouveaux ; car, ainsi que j'ai eu déjà occasion de le dire dans le cours de ce travail, on ne ferait ainsi que gagner d'un côté ce qu'on perdrait d'un autre, et peut-être même y aurait-il dans le débit total diminution plutôt qu'augmentation. Ce qu'il y aurait à faire pour augmenter considérablement le débit et la température des eaux salines, et pour les obtenir en même temps exemptes de mélange avec les eaux ordinaires, ce serait de percer un trou de sonde ou mieux un puits jusqu'au granite, au-dessus de la fissure ou de l'une des principales fissures qui donnent issue aux eaux ; ou si l'on ne peut espérer être assez heureux pour atteindre précisément une de ces fissures, puisque leur position n'est pas parfaitement connue, d'ouvrir au moins un puits à travers le grès bigarré, à proximité de l'un des points offrant actuellement le jaillissement le plus abondant ; l'eau affluerait vers ce

centre commun dès qu'elle y trouverait une moindre résistance à son parcours. Pour donner à ce travail le plus de chances possibles de réussite, il faudrait le placer pour ainsi dire, au centre des moyennes distances des points d'émergence actuels, en tenant compte du débit de chacun d'eux : on concilierait parfaitement cette condition avec les autres convenances de l'établissement, en le plaçant derrière le bâtiment, dans l'angle rentrant existant entre la galerie Vitrée et le Grand-Bain. Ce puits serait, dans sa partie supérieure, protégé par un cuvelage contre l'invasion des eaux ordinaires actuellement si funestes aux eaux thermales ; à mesure qu'on l'approfondirait, on verrait croître, en même temps que la température et la richesse, le débit des eaux thermales, et l'on arrêterait les travaux quand ce débit serait jugé suffisant. Au besoin, si l'appel des eaux vers ce collecteur n'était pas assez énergique, on pourrait établir au fond une galerie de recette allant de l'est à l'ouest ou se dirigeant vers les sources qui donneraient encore des écoulements d'eaux : on concentrerait ainsi facilement au fond d'un réservoir unique toutes les eaux qui actuellement se dispersent sur une surface de près d'un hectare, comprise entre leurs points d'émergence, et qui perdent certainement dans ces trajets ingrats une bonne partie de leur volume, de leur richesse et de leur chaleur. Ce travail ne pourrait compromettre en rien les résultats déjà acquis à l'établissement de Luxeuil ; car ne traversant que les terrains sédimentaires, il ne courrait aucun risque d'ouvrir un moyen de fuite aux eaux qui viennent du granite ; toutes celles qui seraient dérivées de leur parcours actuel se rendraient dans le puits, où on les obtiendrait réunies en quantité supérieure à la quantité actuelle, et avec augmentation dans leur richesse et leur température, par suite de la suppression du funeste mélange avec les eaux ordinaires, qui s'effectue aujourd'hui dans les couches supérieures. La diminution graduelle et rapide du débit des sources actuelles,

et l'impossibilité de réparer ou même de visiter leurs captages, rendra le creusement de ce puits indispensable dans un avenir prochain.

Tandis que l'eau alcaline fait défaut, il y a au contraire à Luxeuil un grand excès non employé d'eau ferrugineuse. Cette eau est de beaucoup la plus précieuse : c'est elle qui constitue la réputation de la station thermale de Luxeuil, et qui en fera d'ici à quelques années, si l'on sait l'utiliser, une station de premier ordre. Il est d'autant plus nécessaire de chercher un moyen d'en faire emploi que les bains ferrugineux sont de plus en plus demandés; on trouve en effet d'autres eaux chlorurées sodiques dans plusieurs stations thermales, tandis que les eaux ferrugineuses de Luxeuil sont les seules à la fois manganésiennes et demi-thermales qui existent en France, et même en Europe, et jouissant d'une efficacité spéciale et unique. On ne connaît en effet en Europe d'autres eaux ferrugineuses manganésiennes que celles de Birkenfeld (Prusse), mais elles ne sont pas thermales; ni d'autres eaux ferrugineuses thermales que celles de Scliacz, en Hongrie, mais elles ne sont pas manganésiennes. Qui ne voit donc que les eaux de Luxeuil sont appelées dans un avenir prochain à un succès extraordinaire, si du moins il y a dans le succès quelque chose de logique? Déjà leur usage se propage avec rapidité : sur les 1.800 baigneurs de l'établissement, on remarque une forte proportion de femmes et d'enfants, sur qui ces eaux ont une action merveilleuse, et la partie ferrugineuse de l'établissement est chaque jour assiégée : les six séries de bains dont on peut disposer sont constamment complètes pendant une grande partie de la saison; 25 baignoires seulement sont affectées à ce service; l'on devrait lui en consacrer dès à présent une quarantaine. Le bain ferrugineux a été d'ailleurs établi en 1856, alors que le nombre des visiteurs arrivant à l'établissement était le quart de ce qu'il est aujourd'hui, la dixième partie peut-être, si l'on ne parle que

de ceux qui fréquentent le bâtiment ferrugineux. Enfin, il est d'autant moins permis de négliger ce développement à donner à cette partie des thermes que l'eau ferrugineuse manganésienne, cet élément si rare du succès, peut ici être obtenue en quantité aussi considérable qu'on voudra : le puits Romain en fournit déjà, comme je l'ai dit plus haut, 40.000 litres par jour qui ne sont pas utilisés; et si l'on préférait employer l'eau plus pure du Temple, il suffirait de prolonger la cunette-réservoir dont j'ai décrit l'exécution dans le § 5. Cette galerie, de 40 mètres de longueur, n'a été en effet considérée que comme un essai, destiné à constater les propriétés filtrantes de la roche; les travaux de 1864 et 1865 ont montré qu'avec une longueur totale de 60 mètres, y compris les galeries d'égouttement, on obtenait 21.000 litres d'eau par 24 heures; il est donc permis de penser que chaque nouveau développement de galerie de 30 mètres donnera 10.000 nouveaux litres d'eau par 24 heures.

C'est donc un devoir de se préoccuper des moyens de mettre cette eau ferrugineuse à la disposition du public en plus grande quantité : il y a pour cela plusieurs moyens à employer. Il est d'abord facile d'installer 3 nouvelles baignoires ferrugineuses dans les deux cabinets de bains dits composés qui sont derrière le bain des Capucins. De plus, toutes les baignoires de l'établissement sont à un niveau inférieur au radier de la galerie du Temple et de la prise d'eau; il n'y a donc que quelques tuyaux et robinets à poser pour faire arriver l'eau ferrugineuse dans un nombre quelconque de baignoires, qui serviraient dès lors à volonté, soit pour ces sortes de bains, soit pour les bains simplement alcalins.

Comme le bain ferrugineux est, ainsi que je l'ai dit, beaucoup plus fréquenté que le bain alcalin, il y aurait opportunité à appliquer dès à présent cette distribution facultative à une quinzaine de baignoires, sinon même à toutes celles de l'établissement. Par la suite, on pourrait songer à la construction de nouveaux cabinets de bain, qui seraient

placés au niveau de ceux du bain Impérial, et où l'eau alcaline et l'eau ferrugineuse pourrait également arriver.

Mais tous ces bains en cabinets n'arriveront jamais à consommer en eau ferrugineuse qu'une quantité limitée, fort inférieure à celle qui existe, et à plus forte raison à celle qui peut être recueillie presque sans frais nouveaux. Pour développer encore cette consommation, on pourrait songer à faire entrer cette eau dans la composition du mélange alimentant la *piscine de natation* dont je vais parler.

La source Eugénie fournit journellement plus de 250.000 litres d'eau, en sus de la consommation maximum de l'établissement : cette eau a dans son réservoir la température de 24 degrés, et peut arriver à l'établissement à celle de 23 degrés. Pour utiliser cette grande affluence d'une eau qui, si elle n'a pas une haute température ni une forte minéralisation, jouit cependant des propriétés des sources thermales, on pourrait installer dans la cour de l'établissement une grande piscine de natation, qui ferait pendant à l'aile gauche du bâtiment, et qui pourrait avoir 35 mètres de longueur sur 15 de largeur, soit plus de 5 ares de superficie offerte aux baigneurs. Cette piscine, qui au besoin ne serait pas couverte, serait d'une construction très-peu coûteuse. Le renouvellement de l'eau s'y ferait d'une manière suffisante par la source Eugénie ; et si la température de cette eau paraissait un peu froide à son arrivée, il serait facile de la réchauffer par l'envoi des quantités d'eau chaude qui chaque jour ne seraient pas utilisées dans les baignoires. Peut-être aussi pourrait-on y faire parvenir ce qui sort du trop-plein des sources ferrugineuses, si les inconvénients résultant du fer produit par la décomposition au contact de l'air restaient inférieurs aux avantages de cette addition. Ce mode d'administration des eaux, qui tiendra à la fois de la médication thermale et de l'hydrothérapie, me paraîtrait appelé à un grand succès.

Luxeuil, le 14 août 1866.

BULLETIN

des explosions d'appareils à vapeur arrivées pendant le 1er semestre 1865.

DATE de l'explosion.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé. — P. — Nom du propriétaire de l'appareil. C. — Nom du constructeur de l'appareil.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'explosion.	SUITES de l'explosion.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'explosion.
24 janvier. .	Laverie mécanique pour minerai de fer près Maubeuge. *P.* La compagnie des forges et hauts fourneaux de Maubeuge (Nord).	Chaudière cylindrique sans bouilleur, alimentant une machine de 6 chevaux. Longueur = 5m; diamètre = 0m,80; — épaisseur = 8mil,4. — Timbre = 5 atmosphères.	Rupture d'une des tôles formant la partie supérieure de la chaudière en trois fragments. Projection de ces fragments et des débris du fourneau à de grandes distances.	13 ouvriers atteints par les fragments de la chaudière ou du fourneau (3 tués, 10 blessés). — Tous ces ouvriers étaient occupés, extérieurement au local des chaudières, au transport des minerais. — Renversement de la cheminée et d'une partie du bâtiment de la machine.	Mauvaise qualité de la tôle; métal mal soudé. — La feuille qui s'est rompue était divisée sur son épaisseur de manière à former deux lames, dont l'épaisseur, en certains points, descendait à 2 millim., et était ainsi devenue incapable de supporter la pression normale de marche de la chaudière.
12 février. .	Ateliers des hauts fourneaux du Creusot (Saône-et-Loire). *P.* Compagnie du Creusot.	Chaudière cylindrique verticale, chauffée par les gaz des hauts fourneaux et alimentant la machine des monte-charges. — Hauteur = 14 mètres; diamètre = 1m,20; timbre = 5 atmosphères. — Le fond supérieur de la chaudière était plat, en fonte, d'une épaisseur de 35 millim., d'un poids de 280 kilogr.	Rupture du fond supérieur sur le pourtour entier du plateau, pendant la mise en pression de la chaudière. — Projection dudit fond à une grande distance.	Pas d'accident de personne ni de dégât matériel sensible.	Altération produite dans la résistance du métal par un froid de 12° qui avait précédé la mise en feu de la chaudière, et grande différence de température qui existait entre les deux faces du fond, au moment de la mise en pression. (Les fonds en fonte des autres chaudières semblables ont été remplacés par des fonds en fer.)
15 février. .	Exploitation agricole à Boves (Somme). *P.* M. Waubert de Genlis. *C.* Chaudière d'occasion livrée par Dou-	Chaudière cylindrique à 2 bouilleurs, alimentant une machine. — Longueur = 2m,90; diamètre = 0m,70; timbre = 6 atmosphères. — Epaisseur = 10 millimètres. —	Rupture du corps de la chaudière, suivant une génératrice, immédiatement au-dessous du niveau des carneaux et au-dessus de la grille. — La tôle en cette région, avait été amincie	2 enfants tués; 1 ouvrière blessée. (Les 2 enfants étaient ceux du chauffeur; ils étaient dans le local de la chaudière au moment	Mauvaise conduite de la chaudière. — Le chauffeur calait les soupapes : il allumait et mettait en pression en laissant habituellement le niveau de l'eau au-dessous des carneaux. — La tôle,

	mergue, chaudronnier à Amiens.	Éprouvé de nouveau en 1862.	et brûlée par des coups de feu. — Rupture du bouilleur suivant une section transversale. — Projection des différentes parties de la chaudière et du fourneau. — L'épaisseur du métal, dans la partie déchirée, était réduite à 7 millim.	de l'accident. Leur père était sorti. — L'ouvrière travaillait au dehors.)	détériorée par ce fait, n'a pas résisté à la trop grande pression sous laquelle on la faisait travailler.
1er avril. . .	Usine métallurgique d'Aubin (Aveyron). *P.* Compagnie d'Orléans. *C.* Construite en Angleterre ; importée en 1847.	Chaudière cylindrique, sans bouilleur, à fonds presque plats, faisant partie d'un groupe de 7 chaudières, dont 5 en travail, alimentant la machine motrice de la soufflerie et chauffées par les gaz perdus des hauts fourneaux. — Longueur = 10 mètres ; diamètre = 1m,70 ; timbre = 4 1/2 atmosphères. Epaisseur de tôle = 12 millim. (Les eaux d'alimentation proviennent ordinairement du ruisseau de Cransac ; mais quand ce ruisseau est à sec, elles sont empruntées aux eaux extraites des mines de houille d'Aubin. Celles-ci renferment de l'acide sulfurique en quantité qui peut s'élever jusqu'à 1 gramme par litre.)	Rupture de la chaudière en un grand nombre de morceaux, mais notamment suivant un plan diamétral passant à peu près par la ligne de niveau d'eau, zone où l'épaisseur qui, primitivement, était de 12 millim., était descendue, par l'effet de la corrosion des eaux, jusqu'à 1 et 2 millim. — Projection des débris de la chaudière et de la maçonnerie du fourneau à de grandes distances. — Déplacement et aplatissement de la chaudière de gauche qui n'était pas en travail. — Ecrasement, déchirure et explosion d'un bouilleur de la chaudière de droite qui était en pression. — Dégagement d'une immense quantité de vapeur.	4 ouvriers tués, soit brûlés par la vapeur, soit atteints par les projections de la chaudière. — Plusieurs autres blessés, deux assez grièvement. — Tous ces ouvriers étaient occupés, soit à la réparation d'une chaudière dans le même local, soit dans une forge située sur le prolongement de l'axe des chaudières.	Corrosion des tôles, dans la partie correspondante aux oscillations du niveau de l'eau, par suite de l'emploi d'eaux d'alimentation acides non neutralisées.
3 juin. . . .	Mine de houille (Loire). *P.* Compagnie de Roche-la-Molière. *C.* Revollier, à Saint-Etienne.	Chaudière cylindrique horizontale à fonds hémisphériques, alimentant la machine d'extraction d'un puits de mine. — Longueur = 12 mètres ; diamètre = 1m,35 ; timbre = 5 atmosphères. — Epaisseur = 13 à 14 millim. Construite en 1855. — (Réparée fréquemment par suite de rupture suivant les lignes de rivets.)	Rupture du corps de la chaudière suivant une ligne de rivets verticale, à peu près au droit du coup de feu. — Des fuites s'étaient manifestées depuis plusieurs jours dans la ligne de rivets qui s'est rompue. — Les deux parties de la chaudière ont été projetées au loin.	Un chauffeur et un ouvrier qui passait accidentellement, près de la chaudière, brûlés par la vapeur et morts des suites de leurs brûlures. — Plusieurs ouvriers légèrement contusionnés par suite de la projection des briques du fourneau.	Vice de construction. — Défaut de surveillance. — Tôle aigre, formée de mises mal soudées. — Rivets trop rapprochés. — Surfaces de recouvrement trop étroites. — La chaudière n'eût pas dû être laissée en service, à cause des fuites qui s'y étaient manifestées depuis plusieurs jours.

Bulletin des explosions d'appareils à vapeur arrivées pendant le 2ᵉ semestre de 1865.

DATE de l'explosion.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé. — *P.* — Nom du propriétaire de l'appareil *C.* — Nom du constructeur de l'appareil.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'explosion.	SUITES de l'explosion.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'explosion.
11 juillet. . .	Usine métallurgique de Saint-Paul-d'Ottange (Moselle). *P.* (Exploitant.) MM. Lamotte, Jabiet et comp. *C.* M. Marcellis de Liége.	Tuyauterie — La conduite générale se reliait aux deux chaudières génératrices par un tuyau sur lequel se branchaient perpendiculairement les deux prises de vapeur. Toutes ces pièces étaient en fonte et rigidement reliées les unes aux autres. Les chaudières étaient nouvellement installées. — Pression ordinaire de marche = 9 kil.	Rupture des tuyaux de prise de vapeur et de la conduite générale sur laquelle ils s'embranchaient. La rupture a eu lieu au moment de l'ouverture des robinets de vapeur. Projection des fragments de tuyau et dégagement de la vapeur.	Un mécanicien, atteint par une des pièces projetées et par la vapeur, mort. Un aide, grièvement blessé.	Défaut de construction. — Trop grande rigidité de la tuyauterie qui n'avait pas le jeu nécessaire pour compenser les effets de la dilatation.
19 août. . . .	Fabrique de vermicelle à Meaux. *P.* Marie. *C.* Bequet, à Paris.	Chaudière cylindrique horizontale, à 2 bouilleurs, alimentant une machine à vapeur. — Diamètre des bouilleurs = 0^m,60; longueur = 6 mètres; épaisseur = 9 millim. — Placée en 1851. — Reéprouvée en 1864 pour 5^k,500.	Rupture d'un bouilleur suivant une ligne de rivure horizontale. — Arrachement de la feuille du coup de feu. — Soulèvement de la chaudière. — Une fuite considérable s'était manifestée la veille à la ligne de rivets qui s'est déchirée la première. — L'intérieur du bouilleur était recouvert d'une couche épaisse de tartre.	Un ouvrier, brûlé par la vapeur, mort. Un ouvrier, brûlé par la vapeur, grièvement blessé.	Mauvaises conditions de service et défaut dans l'entretien de la chaudière. — Détérioration de la tôle du foyer exposée aux coups de feu, par suite de dépôts intérieurs provenant de la nature incrustante des eaux; dépôts qui n'étaient pas assez fréquemment enlevés.

6 sept. . . .	Raffinerie de sucre de Saint-Louis, à Marseille.	Chaudière cylindrique verticale, à foyer intérieur, sans tube, alimentant avec une autre de même force une machine à vapeur de 10 chevaux. — Diamètre de la chaudière = 1 mètre; hauteur = 5 mètres; diamètre du foyer intérieur = 0m,80; hauteur = 5 mètres; épaisseur = 10 millim.	Rupture du foyer cylindrique intérieur, à peu près au milieu de sa hauteur, suivant une ligne de rivets horizontale. Grand dégagement de vapeur à travers le foyer.	Un mécanicien brûlé par la vapeur et mort des suites de ses brûlures.	Imprudence du mécanicien. — Alimentation sur des parties portées à une haute température, par suite d'une interruption prolongée de l'alimentation.
10 sept. . . .	Distillerie à Steene (Nord). P. M. Durin. C. M. Hurtrel, à Lille.	Appareil d'alimentation, dit retour d'eau, cylindrique vertical. — Hauteur = 1m,50; diamètre = 1 mètre; fonds légèrement bombés et emboutis; timbre = 5 kilogr. Épaisseur: Partie cylindrique = 13 millim. Fond (partie déchirée) variant entre 2 et 4 millim. Date de l'épreuve : 1860.	Rupture du fond inférieur suivant la circonférence d'emboutissage. — Détachement du fond. — Projection verticale du cylindre. — Dégagement de vapeur et d'eau chaude.	Un mécanicien, brûlé par la vapeur et l'eau chaude, mort des suites de ses brûlures.	Négligence dans la surveillance de l'appareil. — Le fond était arrivé, par l'effet de l'oxydation, à une épaisseur où il ne pouvait plus résister à la pression normale.
6 octobre. .	Fabrique de sucre à Marchiennes (Nord). P. M. Bancq.	Chaudière cylindrique horizontale, munie de deux bouilleurs. Bouilleurs: Diamètre = 0m,60; Longueur = 6m,00; Épaisseur de la tôle = 7 millimètres. Timbre = 4 atmosphères.	Rupture d'un bouilleur au moment de l'alimentation : la fissure a eu lieu, au coup de feu, suivant une ligne de clouure longitudinale : elle s'est propagée en pleine tôle. Sa longueur totale est de 1m,40. — Le bouilleur était vide d'eau, la vapeur qui s'en est échappée a ouvert les portes du foyer et projeté de tous côtés le combustible incandescent.	Un chauffeur et trois ouvriers qui se trouvaient accidentellement dans la cave du chauffeur, brûlés par le contact du combustible enflammé projeté par la vapeur.	Imprudence d'un chauffeur inexpérimenté qui a alimenté inopportunément sur des parties non baignées par l'eau et portées à une haute température

Bulletin des explosions d'appareils à vapeur arrivées pendant le 2e semestre de 1865. (*Suite.*)

DATE de l'explosion.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé. — *P.* — Nom du propriétaire de l'appareil. *C.* — Nom du constructeur de l'appareil.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'explosion.	SUITES de l'explosion.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'explosion.
18 octobre. .	Forge de Fraisans (Jura). *C.* Le Creusot.	Chaudière composée d'un corps cylindrique et d'un bouilleur, chauffée par les flammes perdues d'un four à puddler. Dimensions du corps cylindrique et du bouilleur. — Longueur = 11 mètres; diamètre = 0m,85; timbre = 6 atmosphères; capacité totale = 12 mètres cubes; épaisseur primitive = 11 millim. — Mise en service en 1855.	Déchirure du bouilleur sur une longueur d'environ 1 mètre en pleine tôle, au point où arrivaient les gaz chauds du four à puddler. Jet abondant d'eau chaude et de vapeur.	Un ouvrier employé au marteau-pilon, tué par la projection d'un débris. Un chauffeur blessé par les débris tombés sur lui et brûlé par la vapeur. Dégâts matériels.	Mauvaise qualité de la tôle dans la partie qui a cédé. (Il n'a pas été possible de préciser si cette mauvaise qualité existait depuis l'origine, ou si elle n'est pas due à un service prolongé, pendant dix ans, dans des conditions de chauffage susceptibles de produire une détérioration rapide. L'épaisseur de la tôle était réduite, au point de rupture, à 8 millim. 1/2.)
17 décemb. .	Fabrique de sucre à Busigny (Nord). *P.* M. Robert de Massy.	Deux chaudières accouplées, chacune de 40 chevaux de force environ, desservant l'atelier des râpes et des presses.	Une soupape de sûreté ayant accidentellement été ouverte, une quarantaine d'ouvriers qui se reposaient ou se chauffaient sur la partie supérieure des chaudières ont cherché à s'enfuir pour éviter d'être brûlés par la vapeur. Dans le tumulte de leur fuite, une deuxième soupape a été soulevée et toute la vapeur des chaudières est sortie par ces deux issues.	Neuf ouvriers enveloppés et brûlés par la vapeur; six sont morts.	Déplacement accidentel du poids et ouverture d'une soupape de sûreté par l'inadvertance d'ouvriers qui se trouvaient sur les chaudières. — Police insuffisante de l'établissement. On n'eût pas dû laisser de nuit, sans précaution spéciale, un aussi grand nombre d'ouvriers accumulés au-dessus même des chaudières, dans un local à peine éclairé. L'un d'eux, placé près d'une soupape, a, par inadvertance, déplacé le poids placé à l'extrémité du levier et fait ouvrir l'orifice de la soupape.

23 déc. . . .	Forge de Clavière (Indre). *P.* Pétin, Gaudet et comp. *C.* Derosne et Cail.	Chaudière cylindrique à 2 bouilleurs, actionnant la machine des laminoirs, chauffée par les flammes perdues de quatre foyers d'affinerie. — Surface de chauffe = 49 mètres; capacité totale = 13 mètres cubes. — Dimensions des bouilleurs : diamètre = $0^m,73$; longueur = $7^m,40$; timbre = 6 atmosphères. — Cette chaudière, construite en 1844, avait subi une grande réparation en 1856.	Rupture d'un bouilleur, à sa jonction avec une des tubulures qui le reliaient au corps cylindrique. L'eau et la vapeur contenues dans l'appareil ont été projetées dans la halle.	Quatre ouvriers occupés aux fours d'affinerie qui communiquaient avec la chaudière, brûlés par l'eau et par la vapeur; trois sont morts. Démolition du fourneau et de la cheminée qui était latérale au fourneau.	Défaut d'entretien et de surveillance. — Chaudière ancienne détériorée par son service. — L'épaisseur de la tôle, au point qui a fait explosion et sur lequel se réunissaient les flammes des quatre fours d'affinerie, était réduite à 3 millimètres et même à 1 millimètre.

RÉSUMÉ.

Nombre d'explosions. 13

Nombre des victimes. { Tués ou morts des suites de leurs blessures. 25
Blessés. . . . . 25 }

RÉPARTITION DES ACCIDENTS.

Par nature d'établissements.

Usines métallurgiques et forges. 6

Fabriques diverses. 7

Par nature d'appareils.

Chaudières cylindriques horizontales avec ou sans bouilleurs. 9

Chaudière cylindrique verticale à foyer intérieur non tubulaire. 2

Appareil d'alimentation dit *retour d'eau*. 1

Tuyaux de prise de vapeur. 1

D'après les causes qui les ont occasionnés.

Défauts de construction. — Mauvaise qualité du métal. — Disposition vicieuse du fourneau, etc. 7

Négligence des ouvriers ou agents chargés de l'entretien ou de la conduite de la chaudière. 6

Bulletin des explosions d'appareils à vapeur arrivées pendant l'année 1866.

DATE de l'explosion.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé. — *P.* — Nom du propriétaire de l'appareil. *C.* — Nom du constructeur de l'appareil.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'explosion.	SUITES de l'explosion.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'explosion.
1er janvier.	Tannerie à Bordeaux (Gironde). *P.* M. Villalard.	Chaudière cylindrique horizontale avec deux rechauffeurs latéraux. Corps cylindrique : longueur = 6m,35 ; diamètre = 0m,90.	Ouverture de la chaudière à peu près suivant la génératrice inférieure, sur une longueur de 2m,50 environ au-dessus de la grille. Dégagement de vapeur.	Dégâts matériels peu importants.	Mauvaise conduite de l'appareil. L'explosion paraît due : 1° à un défaut presque complet d'alimentation qui aurait permis aux tôles du coup de feu de rougir ; 2° au mauvais état préalable de la chaudière.
6 février . .	Fabrique de draps et de couvertures de laine à Metz (Moselle). *P.* Féry fils. *C.* Munier.	Chaudière cylindrique horizontale, à 2 bouilleurs, alimentant une machine à vapeur. Corps cylindrique : longueur = 3m,96 ; diamètre = 0m,65 ; capacité = 2mc.410 ; timbre 6 atmosphères ; épaisseur 10 millim. Mise en service, 1857.	Ouverture du corps cylindrique de la chaudière sur la moitié environ de sa longueur, suivant une ligne de rivures horizontales, à la hauteur de l'axe. Déchirure en plusieurs parties et projection des tôles supérieures et inférieures. Rupture d'un des bouilleurs, suivant une section droite. Déchirure des tôles en plusieurs parties. Projection de la partie antérieure. Dégagement d'eau et de vapeur. *Nota.* (L'explosion a eu lieu pendant un arrêt momentané de la machine après qu'on eut ouvert la porte du foyer.)	Deux ouvriers brûlés par l'eau et la vapeur échappées de la chaudière. Dégâts matériels.	Règlement défectueux du niveau normal de l'eau qui était précisément à la ligne supérieure des carneaux et coïncidait avec une ligne de rivure. Le métal s'est successivement énervé dans cette partie déjà affaiblie par les trous des rivets par suite des alternatives de dilatation et de contraction qui était la conséquence des mouvements du plan d'eau. Le refroidissement dû à l'ouverture de la porte du foyer a amené la rupture.
21 février. .	Fabrique de pâtes alimentaires à Clermont (Puy-de-Dôme)	Chaudière cylindrique horizontale à 2 bouilleurs, alimentant une machine	Ouverture de la tôle du foyer d'un des bouilleurs suivant la génératrice infé-	Une ouvrière qui se trouvait dans la chambre de la	Mauvaise qualité de la tôle du foyer qui était brûlée et aigre et dont la

	P. Barthélemy Gaudel. *C.* Fontaines frères, à Lille.	à vapeur. Capacité de la chaudière $=6^{mc}$. Dimension des bouilleurs : longueur $=5^{m},45$; diamètre $=0^{m},55$; épaisseur primitive 9 millim., réduite à 8 et 7 ; timbre 5 atmosphères.	rieure au-dessus du coup de feu. Dimensions de l'ouverture : Longueur $=1^{m},35$; largeur $=0^{m},18$. Dégagement d'eau et de vapeur. — *Nota.* (L'explosion a eu lieu pendant un arrêt momentané de la machine.)	chaudière, brûlée par la vapeur.	détérioration a été aggravée par la nature incrustante des eaux d'alimentation.
5 mars . . .	Tissage à Boudeville (Seine-Inférieure). *P.* Vaussard.	Chaudière cylindrique à 3 bouilleurs, faisant partie d'une batterie de 3 appareils semblables, alimentant une machine de 30 chevaux et plusieurs appareils calorifères. Capacité de la chaudière et de ses bouilleurs $=9^{mc},820$; dimensions des bouilleurs : longueur $=8^{m},10$; diamètre $=0^{m},45$; timbre 6 atmosphères.	Ouverture de la tôle du foyer du bouilleur du milieu le plus directement exposé à la flamme, suivant la génératrice inférieure, au-dessus du coup de feu. Dimensions de l'ouverture : longueur $=1^{m},13$; largeur $=0^{m},20$. La vapeur et l'eau de tout le groupe des chaudières se sont dégagées par cette ouverture — *Nota.* (Le bouilleur déchiré présentait des traces évidentes de coup de feu.)	Deux chauffeurs brûlés par la vapeur échappée de la chaudière. Dégâts matériels.	Inadvertance du chauffeur, qui, en négligeant d'alimenter a laissé la tôle du coup de feu du bouilleur rougir et se déchirer sous la pression normale de marche. Mauvais état des appareils indicateurs du niveau de l'eau. Absence de tube indicateur en verre.
9 mai. . . .	Scierie de bois, rue des Petits-Ponts, à Pantin. *P.* Colombel.	Chaudière cylindrique à 2 bouilleurs. Capacité $=8^{mc},582$; timbre 5 atmosphères. Dimensions des bouilleurs : longueur $=6^{m},30$; diamètre $=0^{m},50$. Mise en activité, juin 1865.	Rupture du bouilleur de droite, dont la tôle s'est déchirée à l'endroit du coup de feu.	Dégâts matériels.	Inadvertance du chauffeur qui a négligé d'alimenter et d'ouvrir les robinets du tube indicateur du niveau de l'eau. La tôle du coup de feu du bouilleur a rougi et s'est déchirée sous la pression normale de marche.
19 mai. . . .	Fabrique de plaqué, rue Vincent, 12, à Paris. *P.* MM. Casse et Séguin. *C.* MM. Michaux frères, à Louvroil-les-Maubeuge	Chaudière cylindrique à 2 bouilleurs. Capacité $=4^{m},165$. Dimensions des bouilleurs : longueur $=4^{m},60$; diamètre, $0^{m},52$; timbre 6 atmosphères.	Rupture du bouilleur de gauche, ouvert le long de la clouure intérieure, dans toute la longueur du corps de feu. Projection de la chaudière jusqu'à 10 mèt. de hauteur.	Deux ouvriers blessés assez grièvement, quatre autres légèrement. Dégâts matériels considérables.	Mauvais état de la clouure de la tôle du coup de feu ; cette tôle avait été remplacée le 14 février sans que la chaudière eût été éprouvée.
11 juin. . . .	Remorqueur à vapeur. — Passe-partout. —	Chaudière à partie supérieure cylindrique, à	Le bateau venait de prendre une remorque. La chau-	Les cinq hommes qui composaient l'é-	Cause inconnue. Il a seulement été constaté que

Bulletin des explosions des appareils à vapeur arrivées pendant l'année 1866. (*Suite.*)

DATE de l'explosion.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé. — *P.*— Nom du propriétaire de l'appareil. *C.*— Nom du constructeur de l'appareil.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'explosion.	SUITE de l'explosion.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'explosion.
11 juin. . . .	Avant port du Havre (Seine-Inférieure). *P.* Salles et compagnie. *C.* Perrin, au Havre.	fonds inférieurs et latéraux plats, à deux foyers intérieurs, et retour de flamme tubulaire, alimentant une machine de 20 chevaux. Longueur $=$ 2^m,55 : largeur $=$ 2^m,60 ; hauteur $=$ 2^m,30 ; épaisseur 10 millim. ; timbre 4 atmosphères. La chaudière avait été mise en service en 1863, et avait été éprouvée en septembre 1865.	dière a eu sa partie supérieure déchirée et elle s'est divisée en deux morceaux principaux qui ont été projetés jusqu'à 15 mèt. du bateau.	quipage du bateau tués. Le bateau a coulé. Le bateau remorqué (trois mâts) a eu ses vergues hachées par les projections de la chaudière éclatée.	les soupapes étaient habituellement calées de manière à les empêcher de fonctionner. Il se peut que ce calage ait joué un rôle dans l'explosion.
12 juin. . . .	Hauts fourneaux de Tozieron (Cher). *C.* Fourchambault. (Tôles provenant des usines Pétin et Gaudet).	Chaudière cylindrique munie d'un bouilleur, chauffée par les gaz des hauts fourneaux. Cette chaudière faisait partie d'une batterie de quatre appareils semblables, alimentant la soufflerie des hauts fourneaux.— Corps cylindriques : longueur $=$ 12^m,50 ; diamètre $=$ 1^m,10 ; épaisseur $=$ 15 millimètres. — Timbres $=$ 6 atmosphères.	Déchirure de la tôle du corps cylindrique qui fait suite à celle du coup de feu. (Les gaz des hauts fourneaux arrivaient directement et en premier lieu sur le corps cylindrique.) La déchirure a eu lieu suivant la génératrice inférieure et sur une longueur de 0^m,50. Le cuissard joignant le corps cylindrique au bouilleur inférieur, s'est aussi fendu suivant une de ses génératrices verticales. Projection de vapeur et d'eau.	Chauffeur brûlé légèrement. Dégâts matériels sans importance.	Mauvaise qualité de la feuille de tôle qui s'est déchirée. L'accident a eu lieu 8 jours après la mise en service de l'appareil. Les chaudières avaient été chauffées pendant plusieurs semaines, en vue de sécher les maçonneries. Il est à craindre que pendant cette opération préliminaire, elles n'aient pas été toujours suffisamment tenues pleines d'eau, et qu'il se soit produit un coup de feu par suite d'une alimentation insuffisante dont on ne s'est pas aperçu, en raison de l'absence du tube indicateur en verre.

14 juillet. . .	Remorqueur l'Impératrice à la Meilleraye (Seine-Inférieure). *P.* Compagnie du touage de la Basse-Seine. *C.* Marshall à Liverpool.	Chaudière à double foyer intérieur avec tubes de retour de flamme, fond antérieur plat faisant mouvoir une machine de 110 chevaux.— Longueur = 1m,40 ; diamètre = 2m,90 ; épaisseur = 10 à 11 millimètres dans les parties cylindriques. — Timbres 3 atmosphères. — Elle marchait depuis 1863.	La chaudière s'est déchirée sur toute son enveloppe, suivant un plan légèrement incliné partageant en deux parties à peu près égales le fond plat antérieur. Les autres circonstances de l'explosion n'ont pu être constatées.	Le capitaine, les 2 mécaniciens et les 2 chauffeurs tués, six hommes de l'équipage gravement blessés. Le bateau a eu sa coque déchirée et a coulé. Projection de débris de la chaudière et du pont jusqu'à une distance de 400 mèt.	La cause de l'explosion n'a pu être déterminée. Il paraît probable que l'accident est dû à un abaissement du niveau de l'eau suivi d'une projection d'eau sur une paroi surchauffée.
16 juillet. . .	Fabriques de graisses pour voitures à Neuilly, rue Eugénie 7. *P.* M. Leroy.	Chaudière à double fond. — Diamètre = 0m,65. — Épaisseur du cuivre = 2 millimètres.— Non timbrée, cette cuve communiquait sans réservoir intermédiaire de détente, avec une chaudière génératrice où la vapeur avait une tension de 6 kilomètres.	Rupture du fond intérieur à son raccordement avec le fond extérieur, au point de rabattement du métal, projection de vapeur et de matières grasses.	Dégâts sans importance.	Défaut de construction. Absence de réservoir de détente intermédiaire entre deux appareils, dont l'un avait une épaisseur tout à fait insuffisante pour résister à la tension que la vapeur prenait dans l'autre.
28 août. . . .	Coutellerie du Moutiers à Thiers (Puy-de-Dôme). *P.* Sabatier.	Chaudière cylindrique à deux bouilleurs alimentant une machine destinée à mettre en mouvement différentes machines-outils. — Dimensions des bouilleurs : longueur = 3m,90 ; diamètre = 0m,40 ; épaisseur = 9 millim. — Timbre 5 atmosphères.—Fonctionnant depuis 1859.	Déchirure d'un des bouilleurs suivant une génératrice médiane, à 2 ou 3 centimètres au-dessous de la ligne des rivets, sur une longueur de 1 mètre environ.	Dégâts matériels peu importants.	Négligence du chauffeur qui a omis d'alimenter. La tôle, portée au rouge, s'est déformée et déchirée sous la pression seule de la vapeur.
13 sept. . . .	Distillerie de graines à Saint-Omer (Pas-de-Calais). *P.* Taillez. *C.* Origine étrangère.	Chaudière cylindrique à deux bouilleurs en tôle. — Dimensions des bouilleurs : longueur = 10m,50 ; Diamètre = 0m,70 ; épaisseur 10 millim.— Timbre 5 atmosphères. — Elle fonctionnait depuis 1843.	Déchirure d'un des bouilleurs à la tôle du coup de feu suivant la génératrice inférieure et sur une longueur de 1m,20. Projection de vapeur dans la chambre de la chaudière.	Chauffeur tué. Dégâts matériels peu importants.	Négligence du chauffeur qui a omis d'alimenter. La tôle du coup de feu d'un des bouilleurs, portée au rouge, s'est déchirée sous la pression normale de marche.

Bulletin des explosions des appareils à vapeur arrivées pendant l'année 1866. (*Suite.*)

DATE de l'explosion.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé. — *P.* — Nom du propriétaire de l'appareil. *C.* — Nom du constructeur de l'appareil.	NATURE, forme et destination de l'appareil. — Details divers.	CIRCONSTANCES de l'explosion.	SUITES de l'explosion.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'explosion.
16 sept. . . .	Moulin à farine à Roanne (Loire). *P.* Thiodet. *C.* Chevallier à Lyon.	Chaudière à foyer intérieur conique fournissant de vapeur une machine destinée à donner le mouvement aux meules de l'établissement. — Chaudière longueur = 5 mèt.; diamètre = $1^{m},20$. — Foyer: longueur = 5 mèt.; Diamètre = $0^{m},80$ et $0^{m},60$. Epaisseur = $12^{mm},5$. — Timbre = 5 atmosphères. — La chaudière fonctionnait depuis 1858.	Déchirure du tube intérieur, servant de foyer, à peu près au milieu de sa longueur, à sa partie supérieure et suivant une section tranversale. Projection de vapeur et d'eau.	Chauffeur brûlé par la vapeur. Dégâts matériels peu importants.	Négligence du chauffeur qui a omis d'alimenter. La tôle, portée au rouge, s'est deformée et déchirée sous la pression seule de la vapeur.
17 sept. . . .	Teinturerie et fabrique d'apprêts, rue du Port-au-Vin n° 2, à Paris. *P.* Ernouls fils. *C.* Fontaine à Lille.	Chaudière cylindrique à deux bouilleurs. — Capacité = $11^{mc},37$; timbre = 5 atmosphères. — Longueur des bouilleurs = $8^{m},50$.	Rupture du bouilleur de droite dont la partie antérieure s'est détachée et divisée en quatre fragments. Projection des fragments.	Mécanicien et chauffeur tués. Dégâts matériels considerables.	Inadvertance du chauffeur qui a négligé d'alimenter et d'ouvrir les robinets du tube indicateur du niveau de l'eau. La tôle du coup de feu du bouilleur a rougi et s'est déchirée sous la pression normale de marche. En outre, la tôle était de mauvaise qualité.
28 octobre. .	Tullerie à Saint-Henry, banlieue de Marseille (Bouches-du-Rhône). *P.* Arnaud. *C.* Favre et fils à Marseille.	Chaudière cylindrique à foyer intérieur et fonds plats alimentant une machine de 16 chevaux. — Longueur = $8^{m},50$. Diamètre du corps cylindrique = $1^{m},45$. — Diamètre du tube intérieur = $0^{m},80$. Timbre = 6 atmosphères. — La chaudière fonctionnait depuis avril 1860.	Ecrasement et déchirure du foyer intérieur, à l'endroit où il cesse d'être cylindrique et prend une forme légèrement conique par le relèvement de ses arêtes inférieures. Projection des débris de la chaudière à de grandes distances.	Une jeune fille tuée par un des débris de l'explosion. Dégâts matériels importants.	Cause indéterminée. Il paraît probable que l'accident est dû à l'imprudence du chauffeur, qui a alimenté sur des parties portées à une haute température par suite de manque d'eau. (Le tube indicateur en verre n'existait pas.)

1er nov. . .	Puits d'Avaize, concession de terre noire (Loire). *P.* Compagnie houillère de Saint-Étienne. *C.* Lanet, à Saint-Chamond.	Chaudière cylindrique à fonds bombés faisant partie d'un groupe de cinq chaudières semblables, alimentant les machines d'extraction du puits. Diamètre = 1m,07. — Longueur = 13 mèt.; épaisseur primitive 10 à 11 millim.; timbre = 4 kilog. — Construite en 1855, rééprouvée en 1864 à la suite de changements importants, ayant donné lieu depuis à beaucoup de petites réparations.	La chaudière venait de subir une petite réparation à sa partie antérieure pour faire cesser une fuite. A la mise en feu, la tension de la vapeur ayant à peine atteint 4 kil., elle a éclaté en plusieurs fragments qui ont été projetés à de grandes distances.	Un mécanicien mort à la suite de ses brûlures; 3 autres légèrement blessés. Massif des chaudières détruit.	Négligence des agents chargés de l'entretien, qui avaient laissé arriver la chaudière à un grand état de dégradation. La tôle, dont l'épaisseur primitive était de 10 millim., avait été réduite à moins de 1 millim. à la partie correspondant au niveau de l'eau, par suite de l'action corrosive des eaux d'alimentation qui étaient chargées d'acide sulfurique. Cette corrosion s'était également produite en d'autres parties, mais d'une manière moins prononcée.
13 nov. . . .	Blanchisserie de Broglie à Saint-Amarin (Haut-Rhin). *P.* MM. Gros, Roman et compagnie. *C.* Sontag Mathieb à Thann.	Cuve à lessiver, cylindrique, verticale, terminée par des calottes légèrement bombées et fermées à la partie supérieure par un trou d'homme de 1m,40 de diamètre, établie en 1866; fonctionnant à 1 kil. 1/2 et alimentée par des chaudières dont la pression normale était de 5 kil. 1/2. — Cylindre vertical : hauteur = 8 mèt.; diamètre = 3m,40.	La cuve était en travail depuis plusieurs heures. La pression de la vapeur s'étant élevée à plus de 2 kil effectifs, les boulons qui maintenaient le couvercle du trou d'homme se sont brisés, le couvercle a été projeté à une grande hauteur, et avec lui la masse d'étoffe qui était dans la cuve.	Dégâts matériels de peu d'importance.	Négligence de l'agent chargé de la conduite de la cuve, qui a laissé la tension de la vapeur s'élever notablement au-dessus de la limite pour laquelle l'appareil avait été établi. Il convient de signaler également qu'il n'existait pas de réservoir intermédiaire de détente entre le générateur et le récipient.
2 déc. . . .	Forges de grosses œuvres à Pantin, rue d'Aubervilliers. *P.* Marchal. *C.* MM. Martin et Calron, à Pantin.	Chaudière cylindrique à deux bouilleurs. — Capacité = 4mc,772; timbre = 6 atmosphères. — Dimensions des bouilleurs : longueur = 5m,80; diamètre = 0m,65. — Fonctionnant depuis juillet 1865.	Rupture du bouilleur de droite qui s'est déchiré au-dessous du point d'arrivée de l'eau d'alimentation. (Chaudière chauffée par les flammes perdues d'un four à réchauffer et ayant son coup de feu à l'arrière.)	Dégâts matériels peu considérables.	Mauvaise qualité de la tôle, dont la détérioration a été facilitée par la nature incrustante des eaux d'alimentation.

RÉSUMÉ.

Nombre total d'explosions 18

Nombre de victimes.	Tués ou morts des suites de leurs blessures.	15
	Blessés.	22

RÉPARTITION DES ACCIDENTS.

Par nature d'établissements.

Usines métallurgiques et forges de grosses œuvres. 3
Fabriques diverses. 12
Bateaux remorqueurs. 2
Machines d'extractions (mines). 1

Par nature d'appareils.

Chaudières cylindriques horizontales avec ou sans bouilleurs. 12
Chaudières cylindriques horizontales à foyer intérieur, non tubulaires. 2
Chaudières cylindriques horizontales tubulaires (bateaux remorqueurs). 2
Cuves et récipients. 2

D'après les causes qui les ont occasionnés.

Défauts de construction. — Mauvaise qualité du métal. — Dispositions vicieuses du fourneau. 5
Négligence des ouvriers ou agents chargés de l'entretien ou de la conduite de la chaudière. 10

Causes indéterminées.	La cause très-probable est la négligence des mécaniciens qui ont alimenté sans précautions après avoir laissé le plan de l'eau s'abaisser trop au-dessous du niveau des carneaux.	3

NOTE

ADRESSÉE PAR M. VERPILLEUX AUX EXPLOITANTS DE MINES DE HOUILLE OU IL SE DÉGAGE DU GRISOU.

Les accidents les plus redoutables auxquels le houilleur puisse être exposé sont incontestablement ceux qui sont dus à l'explosion du gaz hydrogène carboné. La moindre imprudence, le moindre oubli, un fait accidentel et imprévu peuvent déterminer des explosions dont les conséquences sont toujours désastreuses au double point de vue de la sûreté des ouvriers et de l'aménagement de la mine.

On a eu et l'on a recours, pour éviter, ou tout au moins rendre plus rares les accidents desquels nous parlons, aux ventilateurs, lorsque le courant d'air naturel est insuffisant, et dans tous les cas aux lampes à treillis métalliques.

Les ventilateurs établis à l'extérieur des puits peuvent sans doute rendre de réels services, mais en général ils sont insuffisants lorsque l'étendue des travaux est considérable. D'ailleurs, dans les gîtes de grande puissance, à toit ébouleux, il se produit fréquemment, par suite d'éboulements, des cavités dans lesquelles le courant d'air ne circule pas ou ne circule qu'au moyen de dispositions particulières, et qui forment en quelque sorte des réservoirs de gaz; on évite sans doute autant qu'il est possible la formation de ces espaces vides, mais quelques soins que l'on puisse prendre, on ne saurait les éviter d'une manière complète; une explosion survenant sur un point, peut se propager au moyen de ces vides et parcourir tout le champ d'exploitation.

La lampe de sûreté a été, sans contredit, un bienfait pour le mineur, mais elle n'empêche pas les accidents d'une

...ugir s'il reste trop
...rant d'air vif ou un jet
RÉ... grande suffisent pour que
...e treillis et donne lieu à des
Nombre total d'explo... ...es ouvriers qui ouvrent la lampe
...s défenses, un bloc tombant sur le
Nombre de vict... ...sont autant de motifs d'accidents.
...yant pû être empêchée par l'emploi des
...ificiels et par la lampe de sûreté, le champ
...tier peut être dévasté, et l'on doit se de-
...ent on n'a pas songé à localiser l'explosion,
...la laisser s'étendre dans toutes les parties de
...tion.

...là le but que j'ai cherché à atteindre : diviser les ...x en plusieurs compartiments, que des dispositions ...ticulières rendront, au moment d'une explosion, indé...ndants les uns des autres, de telle sorte que l'effet de l'ac...ident soit tout à fait local.

Il est d'autant plus important de localiser les explosions qu'elles ont fréquemment de désastreuses conséquences, alors même que la quantité de gaz existant dans les diverses parties de la mine est fort minime et paraît ne devoir présenter aucun danger appréciable, au cas même où un fait accidentel enflammerait le gaz sur un point quelconque.

Ces conséquences sont très-graves dans certaines exploitations, à raison des poussières très-ténues que produit la houille et qui se déposent sur le sol ou sur les parois des galeries. L'inflammation ayant lieu, le courant violent qu'elle produit soulève ces poussières qui prennent feu au contact de la flamme ; il se produit une carbonisation rapide qui dégage une énorme quantité de gaz irrespirables, et la flamme se propage de proche en proche, alimentée et par ces poussières et par les gaz hydrogènes carbonés accumulés dans les vides qui subsistent de distance en distance, quelque soin que l'on prenne au toit des galeries.

...it par la carbonisation des poussières ne ...esté. La preuve en est dans les dépôts de ... que l'on trouve sur les bois et sur les ...rès une explosion de gaz.

...compte de ces effets, et je puis affirmer ...rconstances, on eût pu, avec les matières ...mplir un mètre cube. Les bois éprouvent eux-...usqu'à une profondeur variable suivant les cas et ...gnant parfois 0m,002, un commencement de combustion. J'ai retrouvé, du reste, une preuve nouvelle du fait que j'énonce dans l'application faite par M. Niepce et relatée par M. Borgnis dans son Traité, page 197, année 1818; à l'inflammation de particules de houille très-ténues et lancées par un soufflet est due la machine Niepce.

Pour arriver à localiser les accidents j'ai fait quelques essais à Égarande, bassin de Rive-de-Gier.

Des portes avaient été disposées comme l'indique le plan ci-joint (Pl. XIX, fig. 9). Un cadre très-fort était muni de deux portes s'ouvrant et se fermant en sens inverse l'une de l'autre, de telle sorte qu'une explosion arrivant dans le sens *ab* fermait la porte A, laissant ouverte la porte B, et qu'au contraire une explosion arrivant dans le sens *cd*, fermait la porte B, laissant ouverte la porte A.

Des ressorts tenaient les deux portes ouvertes pendant la marche ordinaire et leur permettaient, en s'allongeant, de se fermer sous l'impulsion d'un choc violent. L'effet du choc cessant de se produire, les portes fermées par ce choc se rouvraient sous l'action des ressorts.

Les portes établies à Égarande étaient formées de deux plateaux superposés, ayant chacun 0m,03 d'épaisseur, de telle sorte que l'épaisseur totale de la porte était de 0m,06. Les gonds de ces portes étaient fixés au cadre par des clous de grande dimension. Plusieurs explosions se sont produites pendant les essais; les portes ont toujours résisté à l'action de l'explosion et ont localisé celle-ci, en ne permet-

façon absolue; ainsi, le treillis peut rougir s'il reste trop longtemps exposé au gaz : un courant d'air vif ou un jet de gaz animé d'une vitesse assez grande suffisent pour que la flamme passe à travers le treillis et donne lieu à des explosions; l'imprudence des ouvriers qui ouvrent la lampe malgré les plus expresses défenses, un bloc tombant sur le treillis et le rompant, sont autant de motifs d'accidents.

Une explosion n'ayant pû être empêchée par l'emploi des courants d'air artificiels et par la lampe de sûreté, le champ d'exploitation entier peut être dévasté, et l'on doit se demander comment on n'a pas songé à localiser l'explosion, au lieu de la laisser s'étendre dans toutes les parties de l'exploitation.

C'est là le but que j'ai cherché à atteindre : diviser les travaux en plusieurs compartiments, que des dispositions particulières rendront, au moment d'une explosion, indépendants les uns des autres, de telle sorte que l'effet de l'accident soit tout à fait local.

Il est d'autant plus important de localiser les explosions qu'elles ont fréquemment de désastreuses conséquences, alors même que la quantité de gaz existant dans les diverses parties de la mine est fort minime et paraît ne devoir présenter aucun danger appréciable, au cas même où un fait accidentel enflammerait le gaz sur un point quelconque.

Ces conséquences sont très-graves dans certaines exploitations, à raison des poussières très-ténues que produit la houille et qui se déposent sur le sol ou sur les parois des galeries. L'inflammation ayant lieu, le courant violent qu'elle produit soulève ces poussières qui prennent feu au contact de la flamme; il se produit une carbonisation rapide qui dégage une énorme quantité de gaz irrespirables, et la flamme se propage de proche en proche, alimentée et par ces poussières et par les gaz hydrogènes carbonés accumulés dans les vides qui subsistent de distance en distance, quelque soin que l'on prenne au toit des galeries.

L'effet produit par la carbonisation des poussières ne saurait être contesté. La preuve en est dans les dépôts de matières cokéfiées que l'on trouve sur les bois et sur les parois des galeries après une explosion de gaz.

J'ai pu me rendre compte de ces effets, et je puis affirmer qu'en certaines circonstances, on eût pu, avec les matières cokéfiées, remplir un mètre cube. Les bois éprouvent eux-mêmes jusqu'à une profondeur variable suivant les cas et atteignant parfois $0^m,002$, un commencement de combustion.

J'ai retrouvé, du reste, une preuve nouvelle du fait que j'énonce dans l'application faite par M. Niepce et relatée par M. Borgnis dans son Traité, page 197, année 1818, à l'inflammation de particules de houille très-ténues et lancées par un soufflet est due la machine Niepce.

Pour arriver à localiser les accidents j'ai fait quelques essais à Égarande, bassin de Rive-de-Gier.

Des portes avaient été disposées comme l'indique le plan ci-joint (Pl. XIX, *fig.* 9). Un cadre très-fort était muni de deux portes s'ouvrant et se fermant en sens inverse l'une de l'autre, de telle sorte qu'une explosion arrivant dans le sens *ab* fermait la porte A, laissant ouverte la porte B, et qu'au contraire une explosion arrivant dans le sens *cd*, fermait la porte B, laissant ouverte la porte A.

Des ressorts tenaient les deux portes ouvertes pendant la marche ordinaire et leur permettaient, en s'allongeant, de se fermer sous l'impulsion d'un choc violent. L'effet du choc cessant de se produire, les portes fermées par ce choc se rouvraient sous l'action des ressorts.

Les portes établies à Égarande étaient formées de deux plateaux superposés, ayant chacun $0^m,03$ d'épaisseur, de telle sorte que l'épaisseur totale de la porte était de $0^m,06$. Les gonds de ces portes étaient fixés au cadre par des clous de grande dimension. Plusieurs explosions se sont produites pendant les essais; les portes ont toujours résisté à l'action de l'explosion et ont localisé celle-ci, en ne permet-

tant pas à la flamme de se propager au delà. Toutefois, dans la plupart des cas, les portes ont été séparées du cadre, les clous qui maintenaient les gonds sur le cadre ayant été violemment arrachés; les portes étaient attirées, si je puis m'exprimer ainsi, vers le point où l'explosion avait eu lieu. Il faut remarquer que les clous dont on se servait n'offraient que fort peu de résistance à l'arrachement, puisqu'ils étaient simplement enfoncés dans le cadre. Au moment où la flamme arrêtée par la porte s'éteignait, la production de gaz cessait instantanément; les gaz étaient subitement refroidis et contractés, et il se produisait une dépression tellement violente et rapide que les portes étaient arrachées. J'ai souvent vu, de mes propres yeux, des explosions de gaz, alors qu'à Rive-de-Gier les exploitants ne connaissant pas encore l'emploi du treillis métallique, faisaient allumer chaque matin le gaz par des ouvriers spéciaux, avant d'introduire les ouvriers dans la mine. Le résultat que j'ai obtenu ne m'a point étonné, parce qu'en effet le moment où l'on a le plus à souffrir est le moment où se produit cette brusque dépression.

Il est facile de disposer les portes de façon à ce qu'elles puissent résister à cet effet. Les premiers essais tentés par moi, et qui ont du reste été couronnés de succès au point de vue de la localisation de l'accident, étaient faits avec des matériaux mal façonnés, et il n'est pas étonnant qu'ils n'aient rempli qu'en partie le but que je m'étais proposé.

Il est bien évident que les portes doivent être disposées de façon à laisser aux gaz produits par l'explosion un écoulement, sans quoi la pression, qui ne dépasse pas en général une demi-atmosphère, pourrait arriver à d'énormes limites. Chaque zone, protégée par des portes, doit être en communication avec un puits ou une galerie débouchant au jour.

Les fortes explosions sont presque toujours dues aux poussières enflammées; de sorte que, dans bien des cas,

permettez-moi cette comparaison, le gaz servait de capsule et la poussière remplaçait la poudre. Si le gaz n'enflamme pas constamment les poussières de charbon, cela tient à ce que le mélange n'est pas toujours dans les mêmes conditions et n'a pas la même température.

Lettre de M. VERPILLEUX, *écrite à M.* COMBES, *après la catastrophe du puits* Cinq-Sous *des mines de Blanzy.*

Rive-de-Gier, le 25 décembre 1867.

Monsieur,

J'ai fait un nouveau modèle de porte (à l'échelle de 1/10). pour localiser le gaz, dont je vous adresse le dessin (Pl. XIX, *fig*. 6, 7 et 8).

Les deux portes s'ouvrent par l'effet des contre-poids B', et s'arrêtent en équilibre au point A'. Je pose le modèle dans un corrider quand nous avons un vent d'environ 10 mètres par seconde; la porte qui fait face au vent se ferme, et si l'on ferme la porte du corridor du côté d'où vient le vent, la porte du modèle s'ouvre instantanément et ainsi de suite.

Les contre-poids B', en fonte, qui font équilibre aux portes, sont composés de plusieurs pièces pour en faciliter la pose; ces portes n'ont pas besoin d'être hermétiquement fermées, la flamme chasse devant elles une colonne d'air, de sorte qu'il y aurait un trou à passer la main qu'elle ne pourrait pas communiquer du côté opposé, vu que le gaz serait tellement retardé dans sa marche qu'il s'éteindrait faute d'aliments.

J'ai essayé de placer mon modèle dans une petite galerie; je chargeais un fusil avec une pincée de poudre du volume d'une prise de tabac, je mettais une poignée de poussière de charbon bien sec et tamisé sans papier entre les deux, et à chaque explosion la porte se fermait et aussitôt après elle reprenait sa position A'; moins il y a de poudre, mieux cela réussit, si l'inflammation peut avoir lieu. Il y a beaucoup de coups qui ne partent pas; pour réussir il faut incliner l'arme du côté de la lumière en introduisant la poudre dans le canon.

Après quelques détonations, il faut nettoyer le fusil, et si l'on réussit à le faire partir avec peu de poudre, on trouve du coke

moitié carbonisé dans le canon, semblable à celui qu'il y a dans les galeries après les grandes explosions.

J'ai suivi ces choses de près; je suis convaincu de plus en plus que la poussière joue un grand rôle dans ces accidents. Dans tous les cas, quand bien même la poussière n'y serait pour rien, l'isolement des puits serait une bonne chose et les éboulements produits par le vide n'auraient pas lieu au delà des portes; le renouvellement de l'air se ferait avec plus de rapidité par suite de la différence de poids produite par la chaleur du côté de l'explosion.

Aujourd'hui que l'aérage est dans de bonnes conditions, on aura moins d'explosions; mais elles seront souvent de la catégorie de celles qui ont la propriété d'enflammer la poussière.

J'ai vu quelquefois des échauffements, sur un point de la mine, enflammer le gaz, et ce cas peut se renouveler malgré le bon aérage.

Il est possible que, dans certains cas, le sous-courant d'air soit renversé (après l'explosion); mais une fois que l'air chaud se sera échappé, il reprendra son chemin ordinaire.

Les ouvriers se trouvant dans les galeries protégées pourront apporter un secours bien plus prompt à leurs camarades; et ces derniers seraient ils privés de secours, que par le renouvellement d'air qui se fera rapidement, ils se trouveront dans le cas d'une personne qui n'est resté que quelques instants sous l'eau, étant déposée sur la grève, elle revient à la vie sans autre secours.

Si vous croyez qu'il y ait quelque chose d'utile dans l'application de ces portes et que la publication en soit nécessaire, vous m'obligeriez infiniment de la faire.

Recevez, etc.. VERPILLEUX.

LAMPE DE SURETÉ.

Par M. D. L. P. MORISON, ingénieur des mines Anglais (*).

Le danger que présentent les lampes de sûreté qui sont habituellement en usage dans les districts houillers de la Grande-Bretagne et de l'étranger, a été malheureusement bien démontré par les accidents si terribles survenus l'année dernière dans plusieurs mines; ces accidents m'ont engagé à consacrer toute attention à la recherche d'une lampe qui, avec une clarté suffisante, préviendrait chez le mineur le désir d'y ajouter encore en découvrant la flamme, et qui donnerait une sécurité complète dans toutes les conditions possibles.

C'est après une longue série d'expériences que j'espère avoir atteint ce but, en construisant une lampe qui mérite complétement le titre de lampe de sûreté; car étant exposée aux mélanges explosibles formés de gaz (ou de grisou) et d'air atmosphérique, lors même qu'ils sont dirigés contre elle avec une grande vitesse, elle se comporte parfaitement; tandis que dans les mêmes conditions les lampes Meuseler, Davy, Stephenson et toutes les autres lampes généralement en usage communiquent le feu au gaz environnant; quelquefois même l'explosion avec les lampes désignées ci-dessus se fait instantanément.

Le principe de la lampe (voir les dessins joints à cette notice, Pl. XIX, *fig.* 1, 2, 3, 4) est d'empêcher l'entrée, ou le passage direct de l'air et du grisou. L'on y parvient à l'aide des deux dispositions suivantes qui admettent l'air tantôt par le haut, tantôt par le bas :

(*) Extrait d'une lettre à M. Delesse.

1° — Dans les lampes dans lesquelles l'air est admis par des perforations au-dessus des cylindres qui entourent la flamme (Pl. XIX, *fig.* 1 et 2), E et F sont deux cylindres de verre entre lesquels passe l'air nécessaire à la combustion de la lampe. G est un anneau de toile métallique et H représente de même un ou plusieurs anneaux à travers lesquels passe l'air avant d'atteindre l'intérieur de la lampe. S est un couvercle destiné à arrêter un courant de mélange explosible qui arriverait avec violence contre la lampe. D est la cheminée, qui constitue le haut de la lampe; elle est composée de deux cônes convergents en laiton ou bien en un autre métal. B est un disque de toiles métalliques placé dans la partie supérieure de la cheminée D. C est un cylindre extérieur en toile métallique, dont on peut, au besoin, se dispenser.

2° — Dans les lampes dans lesquelles l'air est admis par des perforations dans le bas de la lampe (Pl. XIX, *fig.* 3 et 4), C est une cuirasse ou un couvercle destiné à protéger les trous à l'extérieur (A) contre des courants de mélanges explosibles, et contre la poussière ou toute autre matière. B est un anneau de toile métallique et D une série de perforations à l'intérieur; c'est au travers de ces deux séries de perforations et de l'anneau de toile métallique que l'air alimentant la combustion passe avant d'arriver à la flamme. E est un cylindre de verre qui entoure en totalité un cylindre de toile métallique F. G est une engrenure dans laquelle s'ajuste le haut du cylindre de verre E, et H est un disque de toiles métalliques dans le haut de la lampe.

La lampe représentée par les *fig.* 1 et 2 s'appelle la « Morison n° 2 » et l'autre (*fig.* 3 et 4) la « Morison n° 1 ».

Les deux cylindres de verre interdisent l'arrivée directe sur la flamme d'un courant de gaz explosibles. En outre, la sécurité de la lampe s'en trouve deux fois plus grande,

car si l'on casse un des cylindres, il en reste toujours un second, sécurité que n'offre ni la lampe Meuseler ni aucune autre lampe à verre simple.

Un troisième avantage, c'est que l'air frais qui circule entre les deux cylindres et la flamme, et les empêche de s'échauffer, prévient leur rupture par la chaleur.

La clarté brillante et fixe que donne la lampe, tient à ce que l'entrée de l'air y est continue et bien réglée, de sorte qu'elle se modifie à peine par les courants les plus forts. La cheminée en laiton ou en tôle de fer assure à la flamme une combustion bien régulière, et n'admet pas de communication entre l'intérieur de la lampe et le grisou qui peut l'environner.

La grande différence entre cette lampe et les autres lampes à verre actuellement en usage, c'est que la cheminée s'élève jusqu'en haut de la toile métallique, et de cette manière se trouve parfaitement isolée.

L'emploi de deux cylindres de verre est également un perfectionnement des plus importants, et je suis convaincu qu'il serait impossible de construire une lampe qui fût sûre dans toutes les atmosphères, et dans tous les mélanges explosibles, sans recourir aux perfectionnements qui viennent d'être indiqués. C'est du moins ce que je déduis de nombreuses expériences.

Dans les pays ou même dans certains districts où il existe une différence dans les détails de construction des lampes de sûreté, des modifications de moins d'importance seraient facilement introduites : par exemple, la forme des ouvertures par où l'air est admis entre les deux cylindres de verre, au lieu d'être verticale, pourrait aussi être horizontale ; l'espace entre les deux cylindres pourrait aussi être augmenté de manière à faciliter la combustion ; l'on pourrait encore se passer de cylindre de toile métallique à l'entour de la cheminée ; ou bien les différentes parties de la lampe pourraient s'ajuster sans vis. Enfin les habitudes et

même les préjugés de chaque pays devraient être consultés pour la construction de la lampe qui lui serait destinée.

Le dessin représente d'ailleurs une forme qui se rapproche de la lampe Clanny ; cette dernière est fort usitée en Angleterre, mais plus coûteuse et plus compliquée que celles qu'on est dans l'habitude d'adopter à l'étranger.

Un tableau de toutes les expériences faites sur ma lampe depuis son perfectionnement se trouve ci-après, ainsi que quelques expériences comparatives sur plusieurs des lampes les plus connues, et il est facile de constater la grande supériorité que présente ma lampe au point de vue de la sûreté.

L'importance capitale de ces résultats, appellera sans doute l'attention des ingénieurs des mines à l'étranger, et lorsqu'ils auront fait des expériences analogues, ils reconnaîtront que ma lampe offre relativement une grande sécurité ; elle doit réduire considérablement ces explosions déplorables de grisou, qui dernièrement ont porté le deuil et la désolation dans des centaines de familles, ruinant du même coup un grand nombre de capitaux utiles.

Newcastle, 19 février 1868.

APPENDICE.

Appareil destiné aux expériences sur les lampes de sûreté.

La *fig.* 5 de la Pl. XIX représente l'appareil de Hetton qui a été employé pour les diverses expériences sur les lampes de sûreté. Il consiste en une caisse allongée construite en bois ayant pour section un carré de $0^m,25$ et une longueur

de 3 mètres. Sur l'une de ses faces l'on a ménagé trois vitres; contre la première *a* débouche le tuyau venant du gazomètre; contre la deuxième *b* l'on place un anémomètre destiné à connaître la vitesse du courant; contre la troisième *c* on met la lampe de sûreté elle-même.

Une vanne *d* permet de régler la vitesse du courant.

Le tuyau *ee* qui amène le gaz fourni par le gazomètre a $0^m,05$ de diamètre et il se termine dans la caisse en pomme d'arrosoir.

Un robinet *f* y règle la vitesse du gaz.

Enfin *s*, *s'*, *s''*, sont des portes ou soupapes qui s'ouvrent de dedans en dehors et qui facilitent la sortie du gaz au moment de l'explosion.

TABLEAUX COMPARATIFS DES EXPÉRIENCES SUR LES LAMPES DE SURETÉ.

N° I. — *Expériences par MM. W. Armstrong, ingénieur en chef des mines, et D. P. Morison, ingénieur des mines.*

Numéros.	LAMPE.	VITESSE du courant. — Pieds par seconde.	POSITION de la lampe.	DURÉE de l'expérience en secondes.	OBSERVATIONS.	
1	Clanny. . . .	8	perpendiculaire.	2	A fait explosion.	Gaz hydrogène carboné.
2	Morison n° 2.	8	Id.	2	S'est éteinte.	Id.
3	id. . . .	8	Id.	2	Id.	Id.
4	Morison n° 1.	8	Id.	7	Id.	Id.
5	Morison n° 2.	19 1/2	Id.	6	Id	Id.
6	id. . . .	19 1/2	Id.	5	Id.	Id.
7	Clanny. . . .	19 1/2	Id.	1	A fait explosion.	Id.

N° II. — *Extrait du compte rendu des expériences faites sur les lampes de sûreté le 14 octobre, 1867, à Hetton Colliery, par un comité de l'Institut des mines du nord de l'Angleterre.*

Le comité était formé de M. J. L. Atkinson, inspecteur des mines, de MM. Forster, Lindsay Wood et John Daglish, ingénieurs en chef des mines.

N. B. — Dans le tableau suivant, toutes les expériences sur les lampes Morison sont données.

Numéros.	NUMÉRO selon le livre de registre.	LAMPE.	VITESSE du courant. pieds par secondes.	POSITION de la lampe.	DURÉE de l'expérience en secondes.	OBSERVATIONS
		Gaz d'éclairage.				
1	1	Common Davy.	11 1/2	Perpendiculaire.	2	1
2	15	Morison's n° 1.	15	Id.	90	2
3	16	Id. n° 2.	14	Id.	5	3
4	17	Id. id.	14	Id.	2	4
5	18	Id. id.	18	Id.	4	5
6	19	Id. id.	21	Id.	21	6
7	20	Id. id.	25	Id.	23	7
8	21	Id. n° 1.	25	Id.	35	8
9	22	Id. id.	35	Id.	2	9
10	23	Id. n° 2.	35	Id.	3	10
11	24	Id. n° 1.	35	Haut détourné du courant. .	1	11
12	25	Id. n° 2.	35	Id.	1	12
13	33	Id. n° 1.	35	Id.	5	13
14	41	Id. n° 2.	25	Perpendiculaire.	5	14
15	42	Id. n° 1.	25	Id.	11	15
16	43	Id. id.	25	Id.	2	16
17	46	Id. id.	25	Haut détourné du courant. .	3	17
18	50	Id. n° 2.	20	Perpendiculaire.	Manque.	18
19	51	Id. n° 1.	20	Id.	10	19
20	52	Id. n° 2.	20	Id.	2	20
21	55	Id. n° 1.	27	Haut détourné du courant. .	50	21
22	56	Id. n° 2.	27	Haut vers le courant.	6	22
23	57	Cail et Glover.	27	Perpendiculaire.	2	23
24	62	Stephenson, à cuirasse protectrice.	27	Id.	5	24

OBSERVATIONS.

1 A fait explosion.
2 Brûlait encore, gaz épuisé.
3 S'est éteinte.
4 Id.
5 Id.
6 Id.
7 Id.
8 Brûlait encore, gaz épuisé.
9 S'est éteinte.
10 Id.
11 Id.
12 Id.
13 S'est éteinte.
14 Id.
15 Id.
16 Id.
17 Id.
18 On ferma le robinet à gaz par mégarde
19 S'est éteinte.
20 Id.
21 Brûlait encore, gaz épuisé.
22 S'est éteinte.
23 A fait explosion.
24 Id.

N° III. *Extrait des expériences faites à Pelton Colliery, le 30 octobre 1867, par M. D. P. Morison.*

Numéros.	LAMPE.	VITESSE du courant, pieds par secondes.	POSITION de la lampe.	DURÉE de l'expérience en secondes.	OBSERVATIONS.
	Gaz d'éclairage.				
1	Botty.	9	Perpendiculaire. . .	3	A fait explosion.
2	Mueseler. . . .	9	Id.	2	A fait explosion.
3	Morison n° 2. .	9	Id.	1	S'est éteinte.
4	Id.	16 1/2	Id.	3	Id.
5	Botty.	11	Id.	2	A fait explosion.
6	Morison n° 2. .	11	Id.	1	S'est éteinte.
7	Id.	11	Id.	2	Id.
8	Id.	16	Haut vers le courant.	1 1/2	Id.
9	Id.	16	Haut détourné du courant.	2	Id.
10	Meuseler. . . .	21	Perpendiculaire. . .	1/2	A fait explosion.
11	Morison n° 2. .	21	Id.	44	Lorsqu'on ferma le robinet, le gaz brûlait dans la lampe qui est cependant restée parfaitement froide.

N° IV. — *Expériences à Pelton Colliery, le 5 décembre 1867, par M. D. P. Morison.*

NUMÉROS.	LAMPE.	VITESSE du courant. — Pieds par seconde.	POSITION de la lampe.	DURÉE de l'expérience. — Secondes.	OBSERVATIONS.
	Gaz hydrogène carboné.				
1	Davy.	7 1/2	Perpendiculaire.	5	A fait explosion.
2	Id.	Id.	Id.	3	Id
3	Id.	Id.	Id.	3	Id.
4	Morison n° 2 . . .	Id.	Id.	1 1/2	S'est éteinte.
5	Davy.	13	Id.	2	A fait explosion.
6	Id.	15	Id.	1	Id.
7	Id.	19 1/2	Id.	1	Id.
8	Id.	Id.	Id.	1/2	Id.
9	Id.	21 1/4	Id.	1/2	Id.
10	Clanny.	24	Id.	1/2	Id.
11	Morison n° 2. . . .	Id.	Id.	1	S'est éteinte.
12	Id.	Id.	Id.	7	Id.
	Gaz d'éclairage.				
13	Davy.	7	Id.	4	A fait explosion.
14	Id.	Id.	Id.	4	Id.
15	Id.	24	Id.	1/2	Id.
16	Morison n° 2. . . .	Id.	Id.	25	S'est éteinte.
17	Id.	Id.	Id.	4	Id.
18	Davy.	Id.	Id.	1/2	A fait explosion.
19	Morison n° 2. . . .	Id.	Id.	12	S'est éteinte.
20	Id.	Id.	Id.	11	Id.

N° V. *Expériences de MM. J. J. Atkinson, inspecteur des mines; G. B. Fowler, Lindsay Wood, R. S. Johnson, D. P. Morison et Hood, ingénieurs des mines. — Pelton, 4 décembre 1867.*

Numéros.	LAMPE.	VITESSE du courant, pieds par secondes	POSITION.	DURÉE de l'expérience en secondes.	OBSERVATIONS.
			Gaz hydrogène carboné.		
1	Davy.	9 1/2	Perpendiculaire. . .	4 1/2	A fait explosion.
2	Hall et comp. .	»	Id.	13	Brûlait encore.
3	Morison n° 2. .	»	Id.	2	S'est éteinte.
4	Davy.	22	Id.	1/2	A fait explosion.
5	Morison n° 2. .	»	Id.	4	S'est éteinte.
			Gaz d'éclairage.		
6	Davy.	1/2	Perpendiculaire. . .	3	A fait explosion.
7	Mueseler. . . .	»	Id.	17	S'est éteinte.
8	Id.	»	Haut vers le courant.	2	A fait explosion.
9	Id.	»	Id.	2	Id.
10	Hall et comp. .	»	Perpendiculaire. . .	3	Id.
11	Davy.	24	Id.	1/2	Id.
12	Mueseler. . . .	»	Id.	»	Id.
13	Morison n° 2. .	»	Id.	56	Gaz brûlait légèrement à l'anneau du fond.

N° VI. *Expériences à Pelton, le* **18** *février* **1868**, *sur la lampe Meuseler (type), par M. Raux, ingénieur de Mons (Belgique), M. D. P. Morison, et M. J. Ritson, sous-ingénieur.*

Numéros.	NUMÉROS des expériences sur le registre.	LAMPE.	VITESSE du courant, pieds par secondes.	POSITION de la lampe.	DURÉE de l'expérience.	Observations.
1	1	Davy.	10 1/2	Perpendiculaire. . .	3	1
2	3	Mueseler.	»	Id.	10	2
3	5	Davy.	12	Id.	3	3
4	6	Mueseler.	»	→ /	7	4
5	8	Id.	»	Id.	4	5
6	9	Id.	»	Id.	5	6
7	10	Id.	»	→ \	9	7
8	15	Davy.	»	Perpendiculaire. . .	2	8
9	17	Mueseler.	»	→ /	9	9
10	20	Davy.	16 1/2	Perpendiculaire. . .	2	10
11	21	Id.	»	Id.	2	11
12	22	Id.	»	Id.	2 1/2	12
13	23	Id.	»	Id.	1 1/2	13
14	24	Id.	»	Id.	1	14
15	25	Mueseler.	»	→ /	3 1/2	15
16	26	Id.	»	Id.	5	16
17	29	Id.	»	Perpendiculaire. . .	7	17
18	30	Id.	»	→ \	8	18
19	31	Id.	»	De gauche. . . . . . A droite.	—	19
20	32	Id.	»	→ \	29	20

OBSERVATIONS.

1 A fait explosion.
2 Brûlait encore à l'anneau de toile métallique.
3 Explosion.
4 Eteinte.
5 Explosion dans le cylindre de toile.
6 Explosion complète.
7 Gaz brûlait encore à l'anneau de toile.
8 Explosion.
9 Explosion complète.
10 Explosion.
11 Explosion.
12 Idem.
13 Idem.
14 Idem.
15 Explosion dans le cylindre de toile.
16 Explosion complète.
17 Brûlait encore à l'anneau de toile, lequel commençait à rougir.
18 Idem.
19 Idem. fortement.
20 Idem. commençait à rougir.

Dans le tableau ci-dessus → / indique que, dans la lampe, le haut était incliné dans un sens opposé à celui du courant, et → \ que le haut était incliné dans le sens même du courant.

EXTRAITS DE GÉOLOGIE.

Par MM. DELESSE et A. DE LAPPARENT.

Nous nous proposons de résumer sommairement les principaux travaux de géologie qui ont été publiés en 1866 et 1867. Comme l'année précédente, ces extraits se composeront de deux parties. Les terrains ont été traités par M. de Lapparent et les roches par M. Delesse.

PREMIÈRE PARTIE.

PALÉONTOLOGIE.

Colonies.

Il a été plusieurs fois question, dans cette Revue (1), de l'important débat soulevé par M. Barrande à propos des *colonies*. La question est d'une si grande importance qu'il nous paraît utile de résumer ici les phases les plus récentes de la controverse.

M. Geinitz (2), en appréciant le récent ouvrage de M. Barrande (3), a déclaré que les dislocations à l'aide desquelles MM. Krejci et Lipold ont essayé d'expliquer le phénomène des colonies lui paraissent absolument inadmissibles. Toutefois, au lieu de considérer cette anomalie comme le résultat d'une migration, il serait porté à y voir, avec M. Suess, l'effet de l'oscillation du sol qui, à une faune de basse mer, faisait succéder des espèces habitant les eaux profondes.

(1) *Revue de Géologie*, I, 111; V, 151.
(2) *Neues Jahrb.*, 1865, 632.
(3) *Défense des Colonies*, III. — Voir *Revue*, V, 151.

M. Barrande (1) combat cette explication qui ne lui semble pas appuyée par des preuves matérielles. Il n'admet pas non plus que les couches à graptolithes des colonies puissent être considérées comme une zone de passage entre les étages D et E du silurien de la Bohême, car il n'y a jamais de mélange entre les espèces de la faune seconde et celles de la faune troisième qui apparaissent dans l'étage D. De plus, la faune seconde a disparu, en Bohême, longtemps avant l'apparition normale de la faune troisième, en sorte que ces deux faunes sont séparées par une véritable lacune.

M. Barrande maintient donc ses conclusions antérieures, tout en déclarant que si l'on arrivait à résoudre convenablement les difficultés que présentent les colonies de la Bohême, sans recourir à l'hypothèse de créations répétées ou à celle de migrations d'espèces, on rendrait à la science un service qu'il serait le premier à reconnaître.

Migrations.

On a souvent cherché à expliquer par des migrations de proche en proche l'affinité qui se manifeste parfois entre les fossiles de pays très-éloignés les uns des autres : parmi les hypothèses proposées pour rendre compte de ces migrations, on a fait intervenir l'existence, à certaines époques, de continents aujourd'hui submergés. C'est ainsi qu'on a supposé qu'il existait, pendant la période miocène, une *Atlantide* par l'intermédiaire de laquelle la flore de l'Amérique a pu s'étendre jusqu'en Europe. De même, pour expliquer à la fois l'affinité de mammifères de Madagascar avec quelques-uns de ceux qui habitent l'Hindoustan et les différences qui les séparent de ceux de l'Afrique, M. Sclater a admis l'existence antérieure d'un continent qui reliait Madagascar aux Indes et qui comprenait seulement une partie de l'Afrique actuelle.

M. Jenkins (2) a discuté ces hypothèses ; il croit devoir y substituer celle d'une Atlantide éocène, grâce à laquelle la faune et la flore miocène de l'Europe seraient le résultat d'une migration des espèces américaines effectuée pendant la période éocène ; depuis l'époque miocène elles se seraient répandues en Asie, en Afrique et dans les mers orientales, et une partie de la flore aurait repris la route de l'Amérique par la voie de l'Asie septentrionale et du Japon. M. Jenkins voit une confirmation de sa théorie dans ce fait que les plantes crétacées et éocènes d'Amérique appartiennent

(1) *Neues Jahrb.*, 1866, 293.
(2) *Geol. Mag.*, III, 467.

à des types qui paraissent être, en Europe, de date beaucoup plus récents. Il en résulterait: 1° que les organismes ont émigré de l'ouest vers l'est, d'Amérique en Europe, pendant l'époque éocène; 2° que les dépôts de l'ancien monde et ceux du nouveau devraient être considérés comme *homotaxiques* et non comme *synchroniques*.

Fossiles remaniés.

Les fossiles d'une formation peuvent être remaniés lors du dépôt de couches plus récentes et se trouver ainsi accidentellement mélangés avec une nouvelle faune. C'est ainsi que M. Conrad (1) signale l'existence, dans le terrain éocène de la Caroline du Sud, des formes crétacées suivantes : Ammonites placenta, Terebratula Harlani, Gryphæa mutabilis, Spondylus gregalis.

M. Emmons avait déjà fait observer que les Belemnitella mucronata et Exogyra costata se rencontrent dans le miocène, mais à l'état remanié.

Méduses fossiles.

Des Méduses fossiles, appartenant aux genres Discophora, Rhizostomida, etc., ont été découvertes, dans les schistes lithographiques jurassiques d'Eichstadt, par M. Hæckel (2), qui en a donné une description très-complète. Ce fait permet d'espérer que la géologie fournira un jour quelque lumière sur l'histoire naturelle des acalèphes.

Graptolithes.

M. Nicholson (3) a découvert, dans les schistes à graptolithes du silurien inférieur de l'Écosse méridionale, une quantité de petits corps associés aux débris des graptolithes et qui paraissent constituer des cellules allongées terminées par une pointe. Les circonstances dans lesquelles ces petits corps s'observent, lui font conjecturer que ce sont des vésicules ovaires attachées, dans l'origine, à la tige des graptolithes, mais devenant libres par la suite. Il leur donne le nom de grapto-gonophores et conclut que, si son hypothèse est exacte, les graptolithes devraient prendre rang parmi les hydrozoaires et dans le voisinage des Sertulariens.

---

(1) *Americ. Journ.*, XLIII, 260.
(2) *Neues Jahrb.*, 1866, 257.
(3) *Geol. Mag.*, III, 488.

Échinodermes.

M. Agassiz (1) classe les oursins, d'après les caractères embryologiques, en quatre familles ; la moins élevée est celle des Échinides réguliers, puis viennent les Clypéastroïdes, ensuite les Échinolampes et enfin les Spatangoïdes. Ainsi l'embryon des Clypéastroïdes rappelle les caractères des échinides réguliers. De plus, la répartition des oursins dans les diverses couches de l'écorce terrestre à partir du trias paraît bien correspondre à ces données.

Ptérodactyles

M. H. Seeley (2), à la suite de ses études sur les ptérodactyles, a été amené à conclure que ces animaux ne sont pas des reptiles, mais forment une véritable sous-classe, celle des Saurornia, d'une valeur égale au groupe des oiseaux proprement dits : ces deux groupes réunis formeraient la grande classe des oiseaux.

Mammifères.

M. Albert Gaudry (3) a terminé ses études sur les animaux fossiles de l'Attique (4) ; quelques conséquences générales découlent de l'examen auquel il s'est livré.

D'abord, on ne rencontre aujourd'hui, dans aucune contrée, un rassemblement d'animaux gigantesques comparable à celui de Pikermi ; dans les temps géologiques, le gisement des monts Siwalik dans l'Himalaya paraît seul surpasser celui de l'Attique.

Ensuite, la faune de Pikermi est presque uniquement composée de grands quadrupèdes et les petites espèces y sont très-rares ; cette faune paraît correspondre, par la perfection de ses éléments, à l'apogée du développement progressif des êtres inférieurs à l'homme. Elle est remarquable par les formes intermédiaires qu'elle présente et qui, d'après M. Gaudry, semblent faire pencher la balance en faveur de la transmutation des espèces.

Monographies.

Les recueils périodiques étrangers contiennent, comme d'habitude, un très-grand nombre de monographies paléontologiques dont voici la rapide énumération :

(1) *Memoirs of the American Academy*, IX, 1.
(2) *Geol. Mag.*, III, 257.
(3) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 509.
(4) *Revue de Géologie*, III, 266.

Quarterly Journal of the Geological Society of London, XXII.

J. Young.......... Sur les affinités du Platysomus et des genres voisins, 301.
— Sur quelques nouveaux poissons carbonifères, 596.
Boyd Dawkins...... Des bœufs fossiles en Angleterre, 391.
Ph. de Grey Egerton.. Sur un nouvel Acanthodes des schistes houillers de Longton, 468.
Salter........... Phacops Nicholsoni et Agnostus Morei, nouvelles espèces de trilobites du Cumberland, 486.
H. Woodward....... Palæinachus longipes, le plus ancien crabe fossile, de Malmesbury, 493.
— Sur un nouveau crustacé phyllopode du Llandeilo, 503.
— Sur une nouvelle espèce de Ranina des terrains tertiaires de l'île de la Trinité, 591.

Geological Magazine, III.

H. Woodward....... Sur l'Aeger Marderi, nouveau crustacé du lias, 10.
Owen............ Thlattodus suchoïdes, nouveau poisson sauroïde du Kimméridien de Norfolk, 55.
— Ditaxiodus impar, poisson Kimméridien, 107.
— Stylodon pusillus, mammifère oolithique, 199.
J. Phillips......... Sur quelques Libellules des schistes oxfordiens de Stonesfield, 97.
Wyatt Edgell....... Sur un nouveau Lichas du Llandeilo, 160.
H. Woodward....... Sur un ceratiocaris du Wenlock, 203.
Busk............ Description de trois polypiers du London-Clay, 299.
Lindstroem........ Observation sur les Zoantharia rugosa, 406, 856.

Monographies de la Société Paléontographique, 18e vol., 1866.

I. Wright......... Ophiurides du lias d'Angleterre.
II. Salter......... Monographie des trilobites d'Angleterre (Ogygia, Barrandia, Niobe, Asaphus, Stygina, Psilocephalus).
III. Phillips........ Bélemnites d'Angleterre.
IV. DawkinsetSanfords. Mammifères pléistocènes d'Angleterre.

Neues Jahrbuch für Mineralogie und Geologie, 1866.

Ferd. Roemer....... Sur la Protolycosa anthracophila, araignée fossile du terrain houiller de la Haute-Silésie, 136.
Geinitz........... Sur l'Arthropleura armata, crustacé fossile du terrain houiller de Zwickau, 144.

Le Comité de la Paléontologie française a publié, en 1866, deux livraisons sur les gastéropodes jurassiques, par M. Ed. Piette et sur les zoophytes jurassiques, par MM. de Fromentel et de Ferry, plus deux livraisons sur les Échinides crétacés (15e et 16e livraisons) par M. Cotteau.

Catalogues locaux.

Une bonne liste de fossiles, avec l'indication exacte des localités, peut souvent rendre de grands services aux géologues qui explorent une contrée; c'est à ce titre qu'il convient de mentionner les ouvrages suivants :

Énumération des fossiles de tous les terrains secondaires de la Charente-Inférieure, par M. Beltremieux (Annales de l'Acad. de la Rochelle, 1866). — Liste des fossiles reconnus dans le département du Nord, par M. Gosselet. — Liste des fossiles cénomaniens de Rouen, par M. Bucaille (Soc. des amis des sc. nat. de Rouen).

Ajoutons que M. Winkler vient de publier les 3e, 4e et 5e livraisons du magnifique catalogue systématique de la collection paléontologique du musée Tyler à Harlem.

Travaux divers.

Il nous reste à mentionner une série de travaux épars dans diverses publications, et dont nous pouvons seulement indiquer les titres.

Nouel : Mémoire sur le rhinoceros aurelianensis (Mém. soc. d'agriculture et sciences d'Orléans, VIII). — P. Gervais, Remarques sur les poissons fluviatiles d'Algérie (Comptes rendus, 17 décembre 1866). — Alph. Milne Edwards : Deux nouveaux crustacés néocomiens de l'Yonne (Soc. des sc. nat. de l'Yonne, 1865). — Ed. Lartet : Note sur deux nouveaux siréniens fossiles des terrains tertiaires du bassin de la Garonne (Bull. soc. géol. XXIII). — Mayer : Description des coquilles tertiaires : genres Cardium et Turritella (Journal de conchyliologie [3], VI, 67 et 172). — Alph. Milne Edwards : Recherches sur les oiseaux fossiles (Paris, Masson, 1866).

Rütimeyer : Les tortues fossiles de Soleure (Mém. de la Soc. des sc. nat. de Suisse, XXII). — Rütimeyer : monographie anatomique et paléontologique du genre Boeuf (Zurich, 1867).

G. Laube : Échinodermes, bivalves, bryozoaires, anthozoaires et spongiaires du Jura brun de Balin (Vienne, 1867). — Stoliczka : Révision des Gastéropodes des couches de Gosau (Acad. des sc. de

Vienne, L. II). — Ludwig : Fossiles tertiaires du bassin de Mayence (Palæontographica, XIV, 40). — Brandt : observations sur l'histoire naturelle du Mammouth (Saint-Pétersbourg, 1866). — Grewingk : sur deux crinoïdes du silurien inférieur de la Russie (Dorpat, 1867). — Schloenbach : études critiques sur les brachiopodes de la craie (Palæontographica, XIII, 267). — F. Sandberger : Plantes fossiles du grès rouge de la Forêt-Noire (Würzburger Naturw. Zeit. VI, 72). — d'Eichwald : Paléontologie de la Russie, 9e livr. (Stuttgart, 1866).

Conrad : catalogues des fossiles invertébrés, éocènes et oligocènes, du nord de l'Amérique (Smithsonian collections, 1866). — Winchell et O. Marcy : Énumération de fossiles trouvés dans le calcaire du Niagara à Chicago (Memoirs of the Boston society I, 1). — Billings : catalogue des fossiles siluriens de l'île d'Anticosti (Montréal, 1866). — Schumard : catalogue des échinodermes paléozoïques de l'Amérique du nord (Transact. of the Acad. of sciences of Saint-Louis, 1866).

Enfin M. Lowry a gravé (1), sur les indications de MM. Etheridge, Wood et Edwards, un tableau des fossiles caractéristiques des terrains tertiaires d'Angleterre : ce tableau contient 800 figures et la grandeur naturelle des échantillons y est partout indiquée.

Un tableau semblable, renfermant 500 dessins, a été dressé, pour les crustacés fossiles, par MM. Salter et Woodward.

PALÉOPHYTOLOGIE.

Lepidodendron et Calamites.

M. Carruthers (2) a étudié, à l'aide de fragments bien conservés, la structure et les affinités des genres lepidodendron et calamites. Il termine la description détaillée de ces deux genres en établissant que tous deux sont bien des cryptogames, différant l'un de l'autre et par la structure de la tige et par les organes de fructification, mais ayant avec les cryptogames vasculaires de nombreux points de rapprochement, bien que l'organisation de leur tige soit beaucoup plus élevée que dans aucun des membres connus de cette classe.

(1) London, Tennant.
(2) *Geol. Mag.*, III, 423.

Conifères fossiles.

Le même auteur a donné (1) la description de quelques fruits de conifères fossiles trouvés dans les terrains secondaires et appartenant aux genres Pinites et Sequoiites. Il y a joint un tableau qui fait connaître la distribution des conifères dans les diverses assises mésozoïques et il nous paraît utile de le reproduire ici.

Craie supérieure. . .	Bois dans des nodules siliceux.
Grès vert supérieur.	Feuillage et cônes de Sequoiites Woodwardi; cône de Pinites oblongus.
Grès vert inférieur.	Morceaux de bois perforés; cônes de Pinites Benstedi et de P. Sussexiensis.
Wealdien.	Bois flotté; feuillage d'Abietites Linkii; cônes de Pinites Dunkeri, P. Mantelli, P. patens, P. Fittoni, Araucaria Pippingfordiensis, feuillage de Thuiites Kurrianus.
Purbeck.	Forêt fossile de l'île de Portland; cône voisin de celui de l'Araucaria excelsa.
Portland stone. . . .	Bois flotté d'Araucaria.
Oxford-Clay.	Bois flotté et feuillage d'Araucaria.
Grande oolithe. . . .	Bois flotté d'Araucaria; feuillage de Thuiites acutifolius, T. articulatus, T. cupressiformis, T. divaricatus, T. expansus, Taxites podocarpoïdes.
Oolithe inférieure. .	Bois de Peuce Eggensis; feuillage de Brachyphyllum mammillare, Crytomerites? divaricatus et Palissya? Williamsonis; cônes d'Araucaria sphærocarpa.
Lias.	Bois de Pinites Huttonianus, P. Lindleyanus, feuillage d'Araucaria peregrina et Cupressus latifolius; cône de Pinites elongatus; cônes semblables à ceux du Pinus bracteata.

Cycadées.

D'après M. Goeppert (2) les cycadées ont fait leur première apparition dans l'étage carbonifère. Ainsi le minerai de fer houiller de la Haute-Silésie a fourni le Cycadites gyrosus et M. Sandberger a trouvé dans le terrain houiller de la Forêt-Noire le Pterophyllum blechnoïdes. Même le calcaire carbonifère en contient une espèce, Cycadites taxodinus. Puis les cycadées ne cessent de se développer dans le terrain permien et le trias pour atteindre leur maximum d'expansion dans le terrain jurassique : on en retrouve quelques-unes dans le terrain crétacé, et le terrain tertiaire, qui paraissait en être dépourvu, a fourni une espèce de Zamites (Z. arcticus) provenant du terrain miocène du Groenland.

(1) *Geol. Mag.*, III, 534.
(2) *Neues Jahrb.*, 1866, 129.

TERRAINS

CLASSIFICATION GÉNÉRALE DES TERRAINS.

Les courants marins exercent, comme on sait, la plus grande influence sur les climats et aussi sur la distribution des mollusques qui peuplent les mers. Il en a été de même à toutes les époques et par comparaison avec ce qui existe dans le présent. M. Rodolphe Ludwig (1) a fait des recherches hypothétiques sur la direction et sur l'action des courants aux époques antérieures.

Cherchant ensuite à caractériser les terrains au moyen des êtres organisés, animaux ou végétaux, dont les débris s'y montrent avec le plus d'abondance, M. R. Ludwig a proposé la nomenclature sui-suivante pour les différentes époques géologiques :

I. — *Formations paléozoïques ou ère des brachiopodes,*

1. Formation silurienne ou des trilobites.
2. Formation dévonienne ou des goniatites.
3. Formation houillère, *a*) marine : Formation des productus.
   b) lacustre : Formation des Sigillariées.
4. Dyas, *a*) groupe lacustre (Rothliegendes : Formation des Walchiées.)
   b) groupe marin (Zechstein) : Formation des Strophalosiées.

---

(1) *Die Meeresstroemungen in ihrer geologischen Bedeutung, etc.* — Darmstadt, 1865. — *Neues Jahrbuch fur mineralogie, geologie und palæontologie*, année 1866, p. 241 et 242.

II. — *Formations mésozoïques (mésolithiques) ou ère des ammonites.*

1. Grès bigarré ou formation des Cheirotherium.
2. Muschelkalk ou formation des Cératites.
3. Marnes irisées ou formation des Pterophyllum.
4. Lias ou formation des Sauriens
5. Jura brun ou formation des Bélemnites
6. Jura blanc ou formation des Ptérodactyles } avec combustibles produits par des Cycadées.
7. Formation Wealdienne ou formation des Cyrènes.
8. Formation crétacée ou des Rudistes avec combustibles produits par des Dicotylédonées.

III. — *Formations néozoïques (kaïnolithiques) ou ère des prosobranches.*

1. Formation éocène ou des nummulites avec combustibles produits par des palmiers.
2. Formation néocène ou des mammifères avec combustibles produits par des cupressinées, des taxodiées et des pins.
3. Formation quaternaire ou humaine, ère du mammouth et de l'homme.

TERRAINS PALÉOZOÏQUES.

TERRAINS ANTÉRIEURS AU TERRAIN SILURIEN.

Eozoon canadense.

La découverte de l'Eozoon canadense (1), d'abord acceptée sans contestation, a bientôt commencé à soulever des doutes dans l'esprit de quelques géologues. MM. King et Rowney (2) ont étudié, au point de vue minéralogique, la roche qui contient ce fossile et qu'ils appellent serpentine à Eozoon; elle est formée de granules de chrysolite avec calcite, et, dans l'opinion de ces deux auteurs, tous les détails de la structure présumée organique de cette serpentine sont des accidents purement minéralogiques et cristallographiques. Le

(1) *Revue de Géologie*, IV, 146; V, 160.
(2) *Geol. Society*, XXII, 185.

squelette est identique avec la matrice calcaire de certains minéraux, notamment de la Chondrodite et de la Pargasite. Le système tubulaire est une apparence produite par des groupements de métaxite : ce qu'on a pris pour des stolons ne seraient, pour la plupart, que des cristaux de pyrosclérite. Enfin il n'y aurait, dans la serpentine à Eozoon, que des imitations minérales de formes organiques. Cette roche paraît être le résultat d'un métamorphisme ; elle pourrait provenir de la transformation d'un gneiss dioritique calcarifère par des actions chimiques.

Cependant les doutes de MM. King et Rowney n'ébranlent pas la conviction de M. Carpenter (1). Ce savant a reconnu, dans un moule siliceux d'Amphistegina provenant de la côte d'Australie, une représentation parfaite des couches asbestiformes de l'Eozoon, et il déclare que, quand même le remarquable arrangement dendritique de ce fossile et l'agencement de ses minéraux pourraient être expliqués par des actions inorganiques, il resterait toujours la structure des parois des chambres, qui est celle des nummulites et à laquelle on ne trouve rien d'équivalent dans le règne minéral.

En outre, depuis l'époque de cette discussion, M. Dawson (2) a trouvé l'Eozoon à Tudor (Canada occidental), dans un calcaire laurentien très-peu métamorphique et contenant beaucoup de matière bitumineuse ; il n'y a pas de serpentine et le microscope y met en évidence, quoique avec une moindre netteté, les caractères fondamentaux de l'Eozoon. Les géologues canadiens attachent une grande importance à cette découverte, qui mettrait à néant les objections tirées de la nature des minéraux qui constituaient le premier échantillon connu d'Eozoon.

M. Dawson (3) mentionne aussi l'existence de perforations semblables à des trous de vers dans un quartzite calcarifère laurentien du Madoc, dans le Canada ; cette roche occuperait un horizon un peu plus élevé que la serpentine à Eozoon de Grenville.

Découverte de l'Eozoon en Europe.

M. Gümbel (4) a reconnu la présence de l'Eozoon dans le système inférieur des gneiss de la Bavière ; ce savant distingue, au-dessous des terrains siluriens, la série suivante, de haut en bas : 1° les schistes argileux hercyniens ; 2° les micaschistes hercyniens ;

(1) *Geol. Society*, XXII, 219.
(2) *American Journal*, XLIII, 270.
(3) *Geol. Society*, XXII, 608.
(4) Académie des sciences de Vienne. — *Geol. Mag.* III, 308.

3° le gneiss hercynien; 4° le gneiss de Bojic. Les divisions 3 et 4 formeraient le laurentien inférieur, et c'est là que se rencontre l'Eozoon : une apparence semblable existe dans la division n° 1, où elle est assez distincte pour que M. Gümbel lui ait donné le nom d'*Eozoon bavaricum*.

Le même auteur annonce qu'il a reconnu l'Eozoon dans la fameuse pargasite de Finlande, dans le marbre serpentineux de Tunsberg et dans ceux de Boden, en Saxe, de Reichenbach, en Silésie, de Hodrisch, en Hongrie.

— De son côté, M. de Hochstetter (1) a trouvé l'Eozoon en Bohême.

Le gneiss du sud de la Bohême forme deux grandes séries de roches gneissiques et granitiques dont les replis constituent la chaîne du Boehmerwald. La série supérieure (gneiss hercynien de Gümbel) contient, comme le laurentien du Canada, des lits de graphite et de marbre serpentineux; les cailloux de quartz que renferme ce marbre ainsi que son odeur bitumineuse attestent, aux yeux de M. de Hochstetter, son origine sédimentaire. La variété de Krummau a été envoyée à M. Carpenter, qui a reconnu la présence de l'Eozoon. Ce fossile a été examiné aussi par M. Reuss, qui l'assimile aux Polytrémacées, famille remarquable par l'irrégularité que ses individus affectent en grandissant et par leur agglomération en forme de massifs analogues aux récifs coralliens. Cependant, pour M. Geinitz, l'Eozoon ressemble plutôt à une éponge.

M. de Hochstetter établit ainsi qu'il suit le synchronisme des terrains primaires dans plusieurs contrées :

AMÉRIQUE DU NORD.	GRANDE-BRETAGNE.	BOHÊME.
Système taconique ou grès de Potsdam.	Cambrien supérieur.	Schistes de Ginetz à faune primordiale. Grauwacke de Przibram.
Système huronien.	Cambrien inférieur ou groupe de Longmynd avec Oldhamia et Annélides.	Schistes de Przibram avec Annélides.
		Schistes argileux avec Phyllades.
Laurentien supérieur.	Hypérite de Skye.	Schistes micacés.
Laurentien inférieur avec Eozoon canadense.	Gneiss fondamental du N.-O. de l'Écosse et des Hébrides.	Gneiss hercynien.
		Gneiss de Bojic.

(1) Académie des sciences de Vienne, 1866.— *Geol. Mag.*, III, 308.— *Neues Jarb.* 1866, 368.

Il est à remarquer que le gneiss de Bojic, roche fondamentale de la Bohême, est entièrement composé de roches gneissiques, tandis que le gneiss hercynien est constitué par des roches métamorphiques avec calcaires cristallins. La classification de MM. Gümbel et de Hochstetter échappe donc au reproche qu'on adresse à celle des géologues canadiens, qui, en rangeant leurs roches fondamentales parmi les formations sédimentaires, ne peuvent plus indiquer la base sur laquelle les terrains *protozoïques* sont venus se déposer.

TERRAIN SILURIEN.

IRLANDE. — M. Harkness (1) a donné quelques détails sur la position géologique des calcaires serpentineux de Connemara, dans lesquels on avait cru reconnaître la présence de l'Eozoon canadense (2). Pour lui, la structure de ces calcaires est purement minérale; ils reposent sur des quartzites et sont inférieurs à des gneiss recouverts eux-mêmes par des grès appartenant à l'horizon du Llandovery supérieur. Cet ensemble correspond à la série des Highlands d'Écosse, où l'on trouve aussi la succession de quartzites, calcaires et gneiss; or les calcaires ont été reconnus comme n'étant pas inférieurs aux schistes de Llandeilo.

CUMBERLAND. — MM. Harkness, Nicholson et Salter (3) ont constaté que la formation de Caradoc, dans le Cumberland, embrasse trois divisions qui sont, de haut en bas : les schistes et les grès de Coniston, le calcaire de Coniston et les roches ignées avec lits de cendres. La division supérieure a fourni les fossiles suivants : Graptolithus Ludensis, Diplograpsus pristis, Phacops obtusicordatus, Cardiola interrupta.

— Les mêmes auteurs (4) ont étudié les couches siluriennes inférieures de l'île de Man, et ont reconnu qu'elles étaient équivalentes aux schistes de Skiddaw, avec lesquels elles ont un fossile commun, Palæochorda major.

PAYS DE GALLES. — La géologie des couches à lingules dans les

(1) *Geol. Society*, XXII, 506.
(2) *Revue de Géologie*, V, 161.
(3) *Geol. Society*, XXII, 480.
(4) *Geol. Society*. XXII, 488.

districts aurifères du nord du pays de Galles, aux environs de Dolgelly, a été étudiée par MM. Readwin, Salter, Murchison et Plant(1).

La description des couches immédiatement inférieures aux schistes de Tremadoc comprend huit assises qui sont, de haut en bas :

1. Schistes de Moel Gron (250 mètres) avec Olenus humilis, O. bisulcatus, Conocoryphe, Agnostus rex, A. princeps.
2. Schistes de Rhyw Ffely (250 mètres). Orthis, Lingula, Olenus spinulosus, O. humilis, O. alatus.
3. Grès de Hafod Owen avec trapps (1.300 mètres). Lingulella Davisii, Olenus, Conocoryphe, Buthrotrepis, marques d'annélides.
4. Schistes de Cwmheisian avec trapps et grès feldspathiques (500 mètres), Olenus cataractes, Agnostus princeps, Sao hirsuta, Petraia.

Schistes de Tyddyngwladis (340 mètres) :
5. Couches à Paradoxides Davidis et à Theca.
6. Couches à Obolella, Obolus, Agnostus, Microdiscus.
7. Couches à Paradoxides Forchhammeri, Anopolenus Henrici, Protospongia, Theca, Lingula, Obolella.
8. Non encore exploré.

Tout cet ensemble forme les Lingula-flags. Les assises 1 et 2 représentent l'étage supérieur, l'assise 3 l'étage moyen, les assises 4 à 8 l'étage inférieur.

M. Salter considère l'ensemble de ces assises comme représentant exactement la faune primordiale de M. Barrande. Au-dessous viendrait le cambrien inférieur, représenté par le grès de Harlech.

— Ajoutons que M. Salter (2) a été conduit, par ses dernières études, à identifier les couches d'Arenig et de Skiddaw avec la série des Stiper-stones, que Sir R. Murchison regarde comme les véritables Lingula-flags.

M. Salter annonce aujourd'hui que la faune silurienne d'Angers et de la Bretagne, en France, doit être rapportée à la même période, ainsi que les roches du conglomérat de Budleigh Salterton (3), qu'il avait, dans un précédent travail, considérées comme l'équivalent du Llandeilo et peut-être du Llandovery.

Le Llandovery est intimement lié au Caradoc. Au contraire, le grès de May-Hill est incontestablement la base du silurien supérieur et contient à peine quelques types du silurien inférieur.

---

(1) *Geol. Mag.*, III, 317.
(2) *Geol. Mag.*, III, 210.
(3) *Revue de Géologie*, IV, 153.

Enfin le grès de Downton forme le sommet naturel de la série de Ludlow, et il est tout à fait distinct des schistes de Ledbury ou couches de passage de Sir R. Murchison.

Canada. — Le tableau suivant résume la concordance des terrains siluriens du Canada, telle qu'elle est établie par le Geological Survey de cette contrée (1).

ÉQUIVALENTS anglais.	SÉRIE COMPLÈTE.	BASSIN occidental.	BASSIN oriental.	ILE de Terre-Neuve.
	12. Hudson River.	Hudson River.		
Caradoc..	11. Utica.	Utica.		
	10. Groupe de Trenton	Gr. de Trenton		
Caradoc?.	9. Chazy.	Chazy.		
	8. Sillery, groupe		Sillery.	Sillery.
Llandeilo	7. Lauzon, de		Lauzon.	Lauzon.
	6. Lévis. Québec.		Lévis.	Lévis.
	5. Calcifère supérieur	Calcifère supr.		Calcifère supér
Tremadoc.	4. Calcifère inférieur.	Calcifère infér		Calcifère infér.
	3. Postdam supérieur	Potsdam supr.		Potsdam supér
Lingula-flags.	2. Postdam inférieur.	Potsdam infér?	Potsdam infér.	Potsdam infér.
	1. Groupe de St-John.		Gr. de St-John.	Gr. de St-John.

TERRAIN DÉVONIEN.

Grande-Bretagne. — Nous avons dejà mentionné (2) la discussion qui s'est elevée entre M. Jukes et plusieurs géologues au sujet du terrain dévonien. M. Jukes persistant dans sa manière de voir, il nous paraît utile d'exposer avec plus de détails les arguments sur lesquels il se fonde (3).

M. Jukes a surtout pour objet de démontrer que le vieux grès rouge n'est pas contemporain des couches dites dévoniennes des comtés de Devon et de Somerset. Il commence par admettre le synchronisme du calcaire carbonifère avec le schiste carbonifère de l'Irlande et les grès (dits grès de Coombola) qu'il renferme : c'est à dire que, pendant qu'il se déposait des calcaires à encrines et à mollusques dans un bassin, il se serait déposé dans l'autre des argiles et des sables. Ensuite M. Jukes reconnaît dans les couches de Marwood et de Pilton du Devonshire septentrional les équiva-

(1) *Esquisse géologique du Canada*. — Paris, Bossange, 1867.
(2) *Revue de Géologie*, V, 165.
(3) *Geol. Society*, XXII, 320. — *Additional notes, etc.* — Dublin, 1867.

lents du schiste carbonifère irlandais, car elles sont comprises entre le terrain houiller et le vieux grès rouge. A ses yeux, il y a, dans le Devon et le Sommerset, trois massifs de vieux grès rouge : les collines de Quantock ; le bassin de Porlock, Minehead et Dunster. enfin la baie Morte et la chaîne de Wiveliscombe.

Chacun de ces massifs de vieux grès rouge plonge sous une grande masse du schiste carbonifère, contemporain du schiste situé au nord du canal de Bristol. Et le terrain houiller proprement dit repose, tantôt sur le calcaire carbonifère, tantôt sur le schiste carbonifère; de sorte que, pour M. Jukes, il y a lieu de considérer ces deux formations comme équivalentes.

Quant au vieux grés rouge, il se diviserait en deux parties : la partie supérieure, avec plantes semblables à celles du terrain houiller, supporterait en stratification concordante la série carbonifère, et la partie inférieure avec Cephalaspis, Eurypterus, Pterygotus, devrait être séparée de la première et réunie au silurien supérieur.

Si l'on se transporte à Coblentz, on trouve, d'après l'auteur, une ressemblance de famille marquée entre la grauwacke et les couches du Devonshire; le grès à spirifères, les schistes à orthocératites, le calcaire à stringocéphales et les schistes à cypridines seraient donc les équivalents allemands du schiste carbonifère et du grès de Coomhola, et les fossiles seraient aussi voisins qu'on peut l'espérer pour deux bassins aussi éloignés l'un de l'autre. M. Jukes se croit donc autorisé à en conclure qu'on commettrait une erreur en enfermant sous une même dénomination le vieux grès rouge, qui contient des plantes et des fossiles d'eau douce, et les couches à coquilles marines dont on a formé l'étage dévonien ; ces dernières ne seraient, d'après lui, que les équivalents locaux des assises carbonifères inférieures.

Nous ferons toutefois remarquer, à cette occasion, que M. Jukes avoue lui-même n'avoir pas visité les terrains dévoniens sur le continent : or, si l'on peut accorder qu'il y a, à ce niveau, une difficulté spéciale en Angleterre, il en est tout autrement dans le bassin de la Meuse, où la série dévonienne est admirablement développée au-dessous du calcaire carbonifère non moins bien caractérisé. Il y a donc tout lieu de croire que les vues de M. Jukes se modifieraient notablement s'il avait pu étudier cette région. Quoi qu'il en soit, la discussion soulevée par lui aura du moins pour résultat d'appeler l'attention sur la limite, jusqu'ici assez mal déterminée, qui sépare le terrain silurien du terrain dévonien.

Pyrénées. — M. N. de Mercey (1) a observé, au col d'Aubisque, entre les Eaux-Bonnes et Cauterets, des schistes et des calcaires contenant des fossiles du terrain dévonien inférieur, notamment : Terebratula Sub-Wilsoni, ter. Ezquerra, Spirifer macropterus, Leptæna Murchisoni.

Région franco-belge. — M. Gosselet (2) distingue, dans le terrain dévonien du nord de la France sur la frontière de la Belgique, les assises suivantes :

Étage dévonien supérieur.	Psammites du Condros.	Calcaire d'OEtrœungt. Psammites.
	Schistes de Famenne.	Schistes de Famenne proprement dits. Schistes à Cardium palmatum. Calcaire (de Trélon).
Étage dévonien moyen.	Calcaire de Givet.	(divisé en neuf bandes).
Étage dévonien inférieur.	Schistes à calcéoles.	Schistes à spirifer speciosus. Calcaire d'Obain et Glageon. Schistes à spirifer cultrijugatus.
	Poudingue de Burnot.	
	Grauwacke à Leptæna Murchisoni.	Schistes. Grès d'Anor.
	Couches de Gedinne.	Schistes bigarrés. Schistes à Grammysia. Poudingue.

Silésie autrichienne. — D'après M. Ferd. Roemer (3), on trouve au Dürr-Berg près d'Einsiedel, dans la Silésie autrichienne, dans des quartzites micacés intercalés entre du gneiss et des schistes argileux, une faune composée d'acéphalés, de gastéropodes, de brachiopodes et de trilobites, qui classe ces quartzites dans le dévonien inférieur, sur le même niveau que la grauwacke de Coblentz. Parmi ces fossiles, les plus importants sont : Grammysia Hamiltonensis, Spirifer macropterus, Homalonotus crassicauda.

Des calcaires à goniatites du dévonien supérieur se rencontrent aux environs de Loderitz et de Baern en Moravie et près de Bennisch en Silésie, au milieu d'une région où affleurent des diabases calcaires, du schalstein et des gisements de fer magnétique.

Les grauwackes comprises entre ces deux zones appartiennent

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XIII, 280.
(2) *Projet d'une description géologique du département du Nord.* — Lille, 1867.
(3) *Zeit. d. d. g. G.*, XVII, 579.

vraisemblablement à l'étage dévonien moyen, bien qu'on n'y ait pas encore trouvé de fossiles.

Ainsi les trois étages du terrain dévonien se trouvent représentés dans les grauwackes qui s'étendent entre la chaîne de l'Altvater et la vallée de l'Oppa.

TERRAIN CARBONIFÈRE.

Bassins houillers de l'Europe.

On doit à MM. Geinitz, Fleck et Hartig (1) une monographie très-complète de tous les bassins houillers de l'Europe. Ce travail, qui embrasse à la fois le côté industriel et le côté scientifique de la question, contient une classification de tous les bassins d'après la flore qui domine dans chacun d'eux. M. Geinitz distingue, de bas en haut, cinq zones principales :

La zone des *Lycopodiacées*, comprenant la houille maigre de la Westphalie, celle de la Loire-inférieure et celle de la Russie centrale.

La zone des *Sigillariées* et celle des *Calamites*, qui embrassent à elles deux presque tous les bassins houillers importants du continent.

La zone des *Annulariées*, réprésentée par le bassin de Plauen en Saxe, par les gîtes du toit de Rakonitz et de Pilsen en Bohème et par les anthracites de Corse et de Sardaigne.

Enfin la zone des *Fougères*, représentée à Ilfeld dans le Hartz, à Erbendorf dans le Haut-Palatinat et à Rossitz en Moravie.

PYRÉNÉES. — L'existence du terrain houiller dans les Basses-Pyrénées a été constatée par la Société géologique en France dans sa session extraordinaire de 1866 (2). Au pied de la montagne de la Rhune se trouvent de très-petites exploitations qui sont ouvertes dans un schiste houiller, inférieur à un système de conglomérats et de grès semblables au grès rouge : on a pu recueillir dans ce schiste plusieurs exemplaires de plantes fossiles dans lesquelles M. Bureau a reconnu les genres Sigillaria, Dictyopteris, Annularia et Pecopteris. D'après la nature de ces végétaux, M. Bureau pense que le dépôt de la Rhune a dû se produire vers le milieu ou à la fin de la période houillère.

---

(1) *Die Steinkohlen Deutschlands, etc*: Munich, 1865. — *Neues Jahrb.*, 1866, 162.
(2) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 825, 846.

AUTRICHE. — Les montagnes qui séparent la Moravie de la Silésie sont constituées par une grauwacke où se rencontrent plusieurs couches de schistes ardoisiers. M. d'Ettingshausen (1) a trouvé dans ces schistes une flore fossile qui les place sur l'horizon du Culm et des couches carbonifères inférieures d'Hainichen et d'Ebersdorf en Saxe.

RUSSIE. — M. Trautschold (2) a constaté que le gisement houiller signalé par Sir R. Murchison et ses compagnons dans les couches inférieures du calcaire carbonifère du Waldaï n'est qu'un lambeau sans importance, qui provient vraisemblablement de l'entraînement de végétaux terrestres dans une mer sans profondeur.

INDE. — M. Godwin-Austen (3) a étudié le terrain carbonifère de la vallée de Cachemire, qui est bien développé dans la chaîne de Mustak et dans le district de Viti. Les brachiopodes de ce terrain ont été examinés par M. Davidson, qui y a reconnu beaucoup d'espèces européennes, notamment : Terebratula sacculus, Rhynchonella pleurodon, Productus semireticulatus, P. cora P. scabriculus, Chonetes levis.

NOUVELLE-ÉCOSSE ET NOUVEAU-BRUNSWICK. — A plusieurs reprises déjà M. Dawson (4) s'est occupé des dépôts carbonifères de la Nouvelle-Écosse et du Nouveau-Brunswick. Dans un récent travail (5), ce savant divise en cinq étages cette formation, dont la puissance totale est évaluée par sir W. Logan à près de 5.000 mètres :

1. Formation houillère supérieure, — grès, schistes, conglomérats avec Calamites Suckovi, Annularia galioides, Cordaïtes simplex, Alethopteris nervosa, Pecopteris arborescens, Dadoxylon materiarum, Lepidolophloios parvus et Sigillaria scutellata.

2. Formation houillère productive. — Les conglomérats et les calcaires font défaut. Les Sigillaria et les Stigmaria dominent.

3. Groupe du Millstone-grit, avec grès à Dadoxylon acadianum.

4. Formation marine carbonifère. — Calcaire marin à brachiopodes : Productus cora, P. semireticulatus, Athyris subtilita, Terebratula sufflata ; quelques couches de gypse.

---

(1) *Académie des Sciences de Vienne*, XXV. — *Neues Jahrb.*, 1866, 785.
(2) *Bulletin de la Société impériale de Moscou*, 1864, 569.
(3) *Geol. Society*, XXII, 29.
(4) *Revue de Géologie*, IV, 157.
(5) *Geol. Society*, XXII, 95.

5. Terrain houiller inférieur avec Lepidodendron corrugatum, Cyclopteris acadica, Dadoxylon antiquius, Alethopteris heterophylla.

Les zones 4 et 5 représentent le subcarbonifère de quelques géologues américains.

M. Dawson admet que la présence des Stigmaria au-dessous de presque tous les lits de charbon prouve, sans aucun doute possible, que les matériaux de la houille ont été accumulés après avoir végété *in situ*, tandis que le caractère des couches intercalées accuse un transport abondant de boue et de sable par les eaux. Ces conditions sont celles des deltas marécageux des grandes rivières actuelles. En outre, la houille est formée surtout par les écorces aplaties de sigillariées et autres arbres, mélangées à des feuilles de fougères et à d'autres débris herbacés. Le Cannel coal et les bitumes terreux sont de la même nature que la boue végétale fine qui s'accumule au fond des lacs superficiels.

Au travail de M. Dawson est jointe une description de toutes les plantes observées dans le terrain carbonifère du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse; un grand nombre d'espèces nouvelles y sont figurées.

ILLINOIS.— M. Worthen (1) a observé quatre niveaux de poissons fossiles dans le calcaire carbonifère de l'Illinois. Le plus ancien apparaît au sommet du calcaire de Burlington ; le second se rencontre près de la base du groupe de Keokuk ; le troisième, dans la partie supérieure de ce groupe ; enfin le quatrième sépare le calcaire de Chester des schistes verts qui le surmontent. Les poissons deviennent plus rares dans le terrain houiller. Sur 118 espèces décrites par M. Worthen, 16 seulement proviennent de l'étage de la houille.

Faune

Labyrinthodontes.

On sait que les reptiles labyrinthodontes ont fait leur première apparition dans le terrain houiller, où ils ont été représentés jusqu'ici par le genre Archegosaurus et quelques autres.

M. Huxley (2) vient de découvrir, dans une collection recueillie à la houillère de Jarrow (Irlande), des restes fossiles appartenant à la même famille des Labyrinthodontes et constituant quatre

(1) *American Journal*, XLIII, 396.
(2) *Geol. Mag.*, III, 4.

genres nouveaux auxquels il donne les noms d'Ophiderpeton, de Lepterpeton, d'Ichthyerpeton et de Keraterpeton.

A ces reptiles il faut ajouter encore un poisson, probablement ganoïde, d'un genre nouveau, le Campylopleuron.

Il est remarquable de voir le nombre des vertébrés connus jusqu'ici dans le terrain houiller s'accroître d'un seul coup dans une proportion aussi considérable.

Entomostracés.

M. G. Young (1) a recueilli dans la formation carbonifère un grand nombre d'entomostracés qui sont surtout abondants au milieu des schistes calcaires d'origine marine. Quelques schistes oléifères du terrain houiller semblent en être exclusivement constitués, et M. Young incline à penser que l'huile contenue dans les schistes pourrait bien résulter en partie de la décomposition de ces petits crustacés. On retrouve aussi ces animaux dans les coprolithes de certains poissons carbonifères, qui paraissent en avoir fait leur pâture. M. Young a décrit 13 genres d'Entomostracés, appartenant tous au terrain houiller d'Écosse.

TERRAIN PERMIEN.

Dyas ou Permien.

M. Marcou (2) a insisté de nouveau sur la convenance qu'il y aurait à substituer au nom de terrain permien celui de *dyas*, déjà proposé par lui en 1859.

Après avoir établi que la priorité appartiendrait en réalité, non pas au nom de permien, mais à celui de *pénéen*, créé antérieurement par M. d'Omalius d'Halloy, M. Marcou cherche à faire ressortir le caractère de dualité des dépôts connus sous le nom de grès rouge et de zechstein, caractère également reconnu dans le permien de la Russie par M. Ludwig. Il ajoute qu'on avait compris à tort, dans cette formation, des assises qu'il faut ranger dans le trias, enfin que c'est dans le gouvernement d'Orenbourg, et non dans celui de Perm, que le type de l'étage est le mieux développé.

M. de Verneuil (3), tout en reconnaissant l'antériorité du mot

(1) *Geol. Mag.*, III, 132.

(2) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 284. — Voir *Revue de Géologie*, II, 192.

(3) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 291.

pénéen, ne croit pas devoir l'accepter, à cause des fossiles et des richesses métallifères qui ont été découverts dans ce terrain. Il établit que les couches triasiques ont été reconnues et indiquées dans le texte de la carte géologique de la Russie, qu'il a publiée avec MM. Murchison et Keyserling. Il rappelle que le nom de dyas était proposé par M. Marcou surtout dans l'intention de rattacher le grès rouge et le zechstein aux terrains secondaires. Or, d'après M. de Verneuil, la faune de cet étage a des affinités évidentes avec la série paléozoïque, tandis qu'elle n'en a aucune avec le trias. Enfin le nom de dyas aurait, suivant lui, l'inconvénient d'affirmer une dualité qui n'est exacte ni pour la Russie, ni pour l'Angleterre, et qui cesserait de l'être pour l'Allemagne si l'on trouvait, dans le grès des Vosges, des fossiles du système permien.

Écosse. — Jusqu'ici le terrain permien de la Grande-Bretagne n'avait pas offert de roches éruptives comme celles qu'on rencontre si abondamment à ce niveau en Allemagne. M. A. Geikie (1) vient d'en signaler en Écosse, où il a reconnu, près de Ballochmyle, des dépôts de tuf trappéen et d'une roche arénacée qu'il appelle «cendre,» reposant sur un mélaphyre amygdaloïde, le tout intercalé dans un grès rouge supporté par le terrain houiller. Certains caractères font supposer que ce mélaphyre a fait éruption par une fente et qu'il s'est ensuite répandu sur la surface des roches comme dans la Thuringe. M. Geikie suppose, avec la plupart des géologues anglais, qu'il existait des volcans à l'époque permienne. De là cette dénomination de *cendres* appliquée à une variété de roche trappéenne.

Palatinat. — Le grès rouge du Palatinat a été étudié par M. Laspeyres (2), qui le divise en deux étages :

Le grès rouge inférieur est caractérisé par l'alternance de schistes argileux plus ou moins ferrifères et de couches d'un grès feldspathique à grain assez variable, formé de fragments d'orthose rouge ou jaunâtre avec quartz et mica ; il y a aussi des conglomérats dont les éléments sont empruntés aux roches dévoniennes du Hundsrück. Les fossiles y font à peu près complétement défaut.

Le grès rouge supérieur, qui repose sur le premier en stratification concordante, s'en distingue par la prédominance des conglomérats et aussi par sa couleur d'un brun rouge foncé. On y peut

(1) *Geol. Mag.*, III, 243. — *Neues Jahrb.*, 1866, 615.
(2) *Zeit. d. d. G. G.*, XVII, 609.

distinguer trois subdivisions, qui s'observent très-bien aux environs de Kreuznach : ce sont, de bas en haut :

1° Conglomérats à galets mal arrondis, empruntés aux roches du voisinage : près du porphyre ces conglomérats sont porphyriques, ils sont mélaphyriques près du mélaphyre (vallée du Winterbach).

2° Conglomérats à grain variable avec ciment argilo-sableux, composés de galets dévoniens du Hundsrück. Le grain devient d'autant plus fin qu'on s'élève davantage dans cette assise (Dohrsheim, Laubenheim, Hildesheim.)

3° Grès argileux d'un brun rouge avec nodules d'argile, rappelant le grès bigarré et alternant, vers leur partie supérieure, avec des argiles rouges. (Rüddesheim, Hargesheim, Kreuznach, Winzenheim.)

TERRAINS MÉSOZOÏQUES.

TERRAIN TRIASIQUE.

SOUABE ET FRANCONIE. — M. Sandberger (1) s'est occupé de chercher dans le trias de la Souabe et de la Franconie les équivalents des assises reconnues dans les Alpes. Son attention s'est spécialement portée sur les couches de Raibl, à la hauteur desquelles il place une assise de marnes qui fait partie de la base du gypse keupérien aux environs de Würzbourg : cette assise se distingue par la présence de la galène et elle contient deux fossiles caractéristiques : Corbula Rosthorni et Myophoria Raibliana. On la suit sans difficulté depuis Heilbronn jusqu'à Baireuth : elle forme donc un horizon facile à reconnaitre et fournit un précieux point de départ pour les comparaisons avec le trias alpin ; car la myophoria Raibliana se retrouve dans la région des Alpes depuis la Lombardie jusqu'en Bavière.

ALPES MÉRIDIONALES. — M. Benecke (2) a essayé de mettre les divisions du trias des Alpes méridionales en concordance avec celles qui ont été reconnues en Allemagne. C'est ainsi qu'il distingue :

(1) *Neues Jahrb.*, 1866, 34.
(2) *Geognostich-Paleontologische Beitraege*. München, 1868.

Groupe de la Dolomie principale. — Dolomies et calcaires à Dicerocardium, Megalodus triqueter, Avicula exilis (Lombardie, Tyrol, Vénétie).

Groupe de Raibl. — Calcaires marneux à Gervillia bipartita, Pecten filosus, Myophoria Kefersteini (Lombardie, Tyrol méridional, Saint-Cassian).

Groupe de Hallstadt : — supérieur, oolithe du val di Scalve ; — inférieur, calcaires à Halobia Lommeli et Ammonites Aon.

Groupe du Muschelkalk : — supérieur, n'a pas encore été reconnu ; — inférieur, couches à brachiopodes de Marcheno, Pieve, Recoaro ; gypse et cargneules.

Grès bigarré : — supérieur, grès schisteux rouges et verts, avec Naticella costata, Turbo rectecostatus, Posidonomya Claræ.

— M. F. de Hauer (1) a établi un parallélisme semblable pour le trias des Alpes lombardes :

	LOMBARDIE.	TYROL ET BAVIÈRE.
Trias supérieur.	Couches de Raibl à Gorno et Dossena.	Couches à Cardita, couches de Raibl.
	Calcaire d'Ardese et d'Esino.	Calcaire inférieur du Keuper, calcaire de Hallstadt.
	Couches de Perledo et Varenna.	Couches de Saint-Cassian.
Trias moyen. . .		Couches de Partnach, calcaire alpin moyen de Pichler.
	Calcaire de Marcheno.	Muschelkalk : calcaire de Virgloria.

Alpes tyroliennes. — M. F. de Hauer (2) distingue, dans le trias inférieur des Alpes, deux faunes de céphalopodes bien distinctes. La première, celle des couches de Werfen et de Guttenstein, correspond au grès bigarré et se compose des Ceratites Cassianus, C. Idrianus, C. Muchianus, C. Dalmaticus.

La seconde, celle du calcaire de Virgloria (Muschelkalk) est formée des espèces suivantes : Orthoceras, Nautilus bidorsatus, N. Pichleri, Ceratites binodosus, Amm. Dontianus, A. Studeri.

— M. Pichler (3) classe les couches à Cardita crenata des Alpes tyroliennes dans le Keuper inférieur, et il les divise en trois zones, qu'on peut observer dans le massif du Wetterstein :

1° Zone supérieure, correspondant aux couches de Raibl ;

(1) *Académie des sciences de Vienne*, LI.
(2) *Académie des sciences de Vienne*, 7 décembre 1865.
(3) *Jahrb. d. K. K. g. R.*, XVI, 73.

2° Zone moyenne, ou calcaire alpin supérieur, avec Chemnitzia Rosthorni, Monotis Salinaria, Ammonites du type des globosi;

3° Zone inférieure, ou calcaire alpin moyen ; étage de Saint-Cassian, avec Pterophyllum longifolium et Halobia Lommeli.

SILÉSIE. — M. Eck (1) a étudié le Muschelkalk et le grès bigarré de la haute Silésie : son travail, exécuté en vue de la carte géologique du pays, comprend la description géognostique et paléontologique des deux terrains en question. Plusieurs espèces nouvelles y sont figurées. L'auteur a traité des minerais contenus dans le Muschelkalk. Enfin il a comparé le trias silésien avec les formations contemporaines des autres contrées.

Flore triasique.

M. Schenk (2) a établi que la flore fossile des couches de Raibl n'a que peu d'espèces communes avec le Keuper : ses analogies principales sont avec la Lettenkohle; cependant, tandis que les équisétacées abondent à ce niveau en dehors des Alpes, c'est un conifère, le Voltzia Coburgensis, qui est la plante dominante de Raibl.

On doit aussi à M. Schenk une étude sur quelques plantes de la Lettenkohle et du grès dit Schilfsandstein, ainsi qu'une nomenclature de tous les végétaux rencontrés dans ces deux étages.

Limite entre le trias et le lias.

PAYS DE GALLES. — Les couches de l'étage rhétien (3) peuvent être observées près de Bridgend, dans le sud du pays de Galles. M. Tawney (4), qui les a étudiées, y distingue deux séries d'assises : la série de Sutton, où sont exploitées des pierres de construction et qui présente des analogies avec le trias, et la série de Southerndown, qui est bien de l'âge de la zone à Avicula contorta. Quelques fragments d'ammonites ont été découverts dans la série de Sutton.

---

(1) *Neues Jahrb.*, 1866, 249.
(2) *Neues Jahrb.*, 1866, 841.
(3) *Revue de Géologie*, IV, 169; V, 176.
(4) *Geol. Society*, XXII, 69.

M. Martin Duncan a déterminé, dans les polypiers provenant des pierres de Sutton, quatre espèces de zoanthaires qui semblent indiquer un horizon voisin de celui de Saint-Cassian ; mais cette assimilation ne peut être présentée jusqu'ici qu'avec une grande réserve.

SOMERSET. — M. Brodie (1) a observé, dans le comté de Somerset, près de Wells, le passage des couches à Lima (L. gigantea, L. duplicata) du lias au lias blanc et à la zone à Avicula contorta. Les couches à lima ont 3 mètres d'épaisseur et la puissance de l'étage rhétien, y compris les marnes grises, n'excède pas 6 mètres. On n'a pu découvrir dans cette localité ni une trace d'Ammonites planorbis, ni aucune des variétés de calcaires qui indiquent ordinairement la zone des insectes et celle des Sauriens.

LYONNAIS. — MM. Falsan et Locard (2) viennent de découvrir, au mont d'Or lyonnais, le véritable bone-bed de l'infralias dans le grès à Avicula contorta, à plus de 60 mètres au-dessus du lit à ossements que M. Dumortier signalait en 1863 en le regardant comme le bone-bed proprement dit.

M. Levallois a fait observer que ce dernier lit, intercalé dans le muschelkalk, correspond à la zone de poissons et de reptiles qu'il a indiquée dans la Meurthe, à la base des marnes irisées, au niveau du Lettenkohle.

A cette occasion, M. Pellat a insisté sur les inconvénients de l'emploi du mot bone-bed pour désigner un niveau géologique et sur l'utilité qu'il y aurait à adopter définitivement le nom d'étage ou sous-étage rhétien.

Ajoutons que M. Locard a reconnu, au-dessus du vrai bone-bed, la couche d'argile rouge signalée dans la Meurthe et dans la Souabe par M. Levallois, avec qui il est d'accord pour considérer l'étage rhétien comme une dépendance du Keuper.

PROVENCE. — Lorsque la zone à avicula contorta fut découverte dans les départements du Var et des Bouches-du-Rhône M. Coquand (3) avait émis l'opinion que les dolomies et les cargneules inférieures au lias moyen fossilifère de la contrée représentaient à la fois le lias inférieur et l'infralias. M. Dieulafait (4) conteste

(1) *Geol. Society*, XXII, 93.
(2) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 64, 80.
(3) *Bulletin de la Société géologique*, XX, 426.
(4) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 309.

entièrement cette conclusion. Pour lui, ces cargneules sont toujours triasiques et de l'âge des marnes irisées.

— M. Toucas (1) a observé l'infralias à avicula contorta en plusieurs points des environs de Beausset (Var). Cet étage reposerait, paraît-il, tantôt sur les marnes irisées, tantôt sur le muschelkalk.

TERRAIN JURASSIQUE INFÉRIEUR.

Lias.

FRANCE. — M. Terquem (2) a publié un sixième mémoire sur les foraminifères du lias des départements de l'Indre et de la Moselle. Cette description comprend un genre nouveau, Terebralina, et deux genres inconnus jusqu'alors dans le lias, Cornuspira et Bigerina; enfin 89 espèces nouvelles pour le lias des deux départements en question.

— M. Eug. Dumortier (3) a étudié les fossiles du lias inférieur de la région du Rhône; réunissant à l'infralias les couches à Ammonites planorbis, il divise le lias inférieur proprement dit en deux zones : celle de l'Amm. Bucklandi à la base, celle de l'Amm. oxynotus au sommet.

Les fossiles les plus caractéristiques de la première zone sont, par ordre d'importance relative : Gryphaea arcuata, Amm. Bucklandi, Amm. bisulcatus, Amm. Conybeari, Amm. Gmündensis, Lima gigantea, Lima punctata.

Pour la zone à Amm. oxynotus, elle se divise en quatre systèmes de couches : celles à Amm. planicosta, au sommet, puis, en descendant, les couches à Amm. oxynotus, à Amm. stellaris et à Amm. Davidsoni.

Un certain nombre d'espèces passent de la zone à Amm. Bucklandi dans la zone à Amm. oxynotus. Ce sont les Nautilus striatus, Amm. geometricus, Amm. Scipionianus, Amm. Davidsoni, Pholadomya glabra.

---

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 12.
(2) Metz, 1866.
(3) *Études paléontologiques sur les dépôts jurassiques du bassin du Rhône*. — Paris, Savy, 1867.

M. Dumortier décrit et figure dans son ouvrage beaucoup d'espèces nouvelles, et il indique les principaux gisements de fossiles du bassin du Rhône.

ALPES MÉRIDIONALES. — D'après M. Benecke (1), le lias est représenté, dans les Alpes méridionales, par les calçaires gris, avec ammonites et bélemnites pyritisées, du val di Conzei. En Italie l'on peut d'ailleurs y distinguer trois étages :

Lias supérieur. — Calcaires rouges d'Entratico, près de Bergame, avec Amm. bifrons et A. subcarinatus.

Lias moyen. — Calcaires gris du mont Domaro, dans la province de Brescia, avec Amm. margaritatus, A. Taylori.

Lias inférieur. — Calcaires rouges de Saltrio avec gryphées arquées.

Limite supérieure du lias.

Les géologues ne sont pas tous d'accord sur la position qu'il convient d'assigner aux couches à Ammonites opalinus. M. Wright (2) a trouvé cette ammonite, bien conforme au type de Reinecke, dans les sables de Haresfield en Angleterre. Or ces sables contiennent une faune entièrement différente de celle de l'oolithe inférieure et doivent être classés dans le lias supérieur ainsi que les dépôts correspondants de Gmünd et de Gundershoffen. La forme qui remplacerait l'Amm. opalinus dans l'oolithe inférieure serait l'Amm. Murchisonæ.

Étage oolithique inférieur.

ALPES MÉRIDIONALES. — M. Benecke (3) reconnaît, dans l'étage oolithique inférieur des Alpes méridionales, les subdivisions suivantes :

(1) *Geognost. palæont. Beitraege.* — Münich, 1865.
(2) *Geol. Mag.*, III, 327.
(3) *Geognost. palæontol. Beitraege.* — Münich, 1866.

Bathonien. — Couches à possidonies avec Pos. alpina, Terebratula fimbria, curviconcha, Ammonites rectelobatus.

Oolithe inférieure:
- Couches à Rhynchonella bilobata.
- Calcaires gris à Terebratula fimbria, Terebratula fimbriæformis, Terebratula hexagonalis, etc. Couches à plantes fossiles de Rotzo, Pernigotti, Rovere, Volano.
- Oolithe du cap Saint-Vigile, au lac de Garde, avec Ammonites Murchisonæ, Ammonites fallax, Ammonites scissus.

POLOGNE. — D'après M. Zeuschner (1), le terrain oolithique inférieur est réprésenté, en Pologne, par l'oolithe inférieure et le fuller's earth.

La première est formée d'une marne argileuse grise avec sphérosidérite ; elle contient les Ammonites Parkinsoni, A. garantianus, A. oolithicus, Belemnites bessinus et B. hastatus.

Le fuller's earth est représenté par des calcaires semi-cristallins avec grès et oolithes ferrugineuses : il est rempli de fossiles, parmi lesquels Ammonites funatus et Hippopodium Bajociense.

TERRAIN JURASSIQUE SUPÉRIEUR.

BOULONNAIS. — Les terrains jurassiques du Bas-Boulonnais ont été le sujet de plusieurs travaux importants, qui établissent avec une grande exactitude la série des couches kimméridiennes et portlandiennes dans cette région.

M. Pellat (2) a donné une coupe complète des falaises entre Boulogne et Wimereux ; il distingue les groupes suivants, de haut en bas :

Calcaire concrétionné à Cypris et sables à Serpules (Purbeck d'Angleterre et de Hanovre) : 3 à 4 mètres.

Calcaires sableux à Natices avec Trigonia gibbosa (Portland stone).

Calcaires sableux à Cardium dissimile et sables à astartes (Portland sand) : 4 à 6 mètres, y compris l'assise précédente.

Marnes argilo-sableuses, glauconieuses ou noires, avec Acrosalenia Kœnigii, Ammonites biplex, Ostrea expansa (15 à 20 mètres).

Argiles à Perna Suessii ; Poudingue à Trigonia Pellati ; grès calcaire à Ammonites gigas (portlandien du Barrois) : 15 mètres.

(1) *Neues Jahrb.*, 1866, 758.
(2) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 193.

Au-dessous vient l'étage kimméridien, représenté par les marnes et calcaires à gryphées virgules, où M. Pellat fait encore plusieurs divisions.

Enfin, à la base, on observe des calcaires à astartes et un grès à Pseudodiadema mammillatum, développé à Wirvigne et que M. Pellat regarde comme appartenant à l'étage séquanien.

— De son côté, M. Hébert (1) a publié une coupe qui s'étend au nord jusqu'au cap Gris-Nez. Les nombreuses assises, indiquées à part avec leurs fossiles, y sont ensuite groupées en quatre divisions.

1° Au sommet, sables et grès à Trigonia gibbosa (10 mèt.);

2° Argiles à Ostrea expansa (30 mèt.);

3° Sables et grès à Trigonia Munieri, Perna Suessii et Amm. gigas (Poudingue du fort de la Crèche, 20 mètres);

4° Argiles à Ostrea virgula et Trigonia muricata (75 mèt.).

L'examen des faunes conduit M. Hébert à placer la principale ligne de démarcation entre les argiles n° 4 et les grès n° 3. Les trois premières divisions formeraient le sous-étage portlandien : la première correspondrait au portland-stone; les deux autres au portland-sand.

Cependant M. Saemann (2), d'accord avec M. Pellat, estimait que le Portland-sand des Anglais ne descendait pas au-dessous des sables qui surmontent les argiles à Ostrea expansa.

—L'étude des fossiles du terrain portlandien du Boulonnais a été faite par M. de Loriol (3), qui a décrit plusieurs espèces nouvelles, et, notamment, des trigonies intéressantes, ainsi que des fossiles d'eau saumâtre recueillis à Wacquinghen et remarquables par leur état de conservation.

Cette description est accompagnée d'une notice stratigraphique rédigée par M. Pellat, qui, en joignant ses propres observations aux notes laissées par M. Saemann, a cherché à mettre en évidence les relations du terrain jurassique supérieur du Boulonnais avec les types de l'Angleterre, du pays de Bray et du Barrois. Suivant M. Pellat, le terrain portlandien inférieur, peu ou point développé en Angleterre, se montre dans le Boulonnais, présente déjà plus d'épaisseur dans le Bray et domine dans le Barrois, où le portlandien moyen paraît manquer, tandis qu'il atteint une assez

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 216.
(2) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 246.
(3) *Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève*, XIX.

grande puissance dans le Boulonnais, et se retrouve, en Angleterre, à Hartwell, où sa nature argileuse l'avait, jusqu'ici, fait confondre avec l'argile de Kimmeridge à Ostrea virgula.

JURA. — D'après M. Jourdy (1), le terrain séquanien a 70 mètres d'épaisseur aux environs de Dôle, où l'on peut y distinguer cinq sous-groupes qui sont, de haut en bas :

5. Marnes et calcaires à Terebratula humeralis, Pecten astartinus, Ostrea dubiensis, Ostrea spiralis, Acrosalenia angularis.
4. Calcaires-marbres à Chemnitzia Danæ, Nerinea Gosae, Astarte submultistriata, Terebratula humeralis, Ostrea cotyledon.
3. Marnes à grandes huîtres avec Pecten Beaumontianus et Pecten astartinus.
2. Calcaires à Terebratula humeralis, nombreuses natices, Pygurus Blumenbachii.
1. Calcaires blancs, sans fossiles, reposant sur les calcaires coralliens.

Le sous-groupe n° 4 est celui qui fournit les marbres de Saint-Ylie, dont l'emploi est devenu si fréquent à Paris. Ces calcaires avaient été considérés jusqu'ici comme coralliens.

M. Jourdy insiste sur l'homogénéité de la faune séquanienne, qui justifie la distinction du séquanien comme un étage indépendant, au moins dans la région qui avoisine Dôle.

BUGEY. — M. Lory (2) a étudié les couches à poissons et à zamites du Bugey aux environs de Cirin, de Creys et de Morestel ; il croit devoir les ranger dans l'étage kimméridien pour les motifs suivants :

1° Elles sont supérieures aux calcaires coralliens à diceras et à nérinées ;

2° Elles contiennent, surtout à Creys et à Morestel, l'ostrea virgula bien caractérisée.

3° Elles sont recouvertes par une faible épaisseur de calcaires suivis de la dolomie portlandienne et de la formation d'eau douce suprajurassique.

SAVOIE. — On sait que le terrain oxfordien affecte, dans le canton d'Argovie, une physionomie particulière qu'on retrouve dans le Jura salinois et qui a déterminé M. Marcou à créer l'étage

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 155.
(2) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 612.

argovien. Depuis, le même facies a été retrouvé dans le Jura blanc de la Souabe.

M. Pillet (1) le signale également aux environs de Chambéry, où il est représenté par les calcaires du Lémenc avec Belemnites unicanaliculatus, Amm. oculatus, Aptychus lamellosus, Collyrites carinata, etc. Ces calcaires, qui ont 100 mètres d'épaisseur, sont recouverts par des marnes et des calcaires contenant les fossiles de l'argovien supérieur ou du calcaire à scyphia des Allemands.

Au-dessus on trouve des marnes à ciment qui se prolongent jusqu'à Grenoble, où elles forment le gisement de la Terebratula diphya. Les étages corallien et kimméridien manquent à Chambéry, d'après M. Pillet, et l'oxfordien y est recouvert par le néocomien inférieur (valangien).

Enfin, pour M. Pillet, le calcaire d'Aizy, près de Nogarey, est le même que celui de Lémenc, et doit, par suite, être rattaché à l'argovien.

Duché de Bade. — Le Jura supérieur affleure dans le sud du grand-duché de Bade, où il forme, en face de Schaffouse, la région connue sous le nom de Klettgau. Il a été étudié par MM. Würtenberger (2), qui l'ont divisé en dix zones, dont ils établissent ainsi qu'il suit la correspondance avec les divisions d'Oppel (3) :

DIVISIONS D'OPPEL.	ASSISES DU KLETTGAU.
IV. — Zone de l'Amm. steraspis.	10. Couches du Wirbelberg, avec Astarte supracorallina. 9. Couche du Nappberg avec Amm. decipiens et Cardium corallinum. 8. Couches à Amm. mutabilis.
III. — Zone de l'Amm. tenuilobatus.	7. Couches à Monotis similis. 6. Couches à Amm. polyplocus.
II. — Zone de l'Amm. bimammatus.	5. Couches du Wangelthal, à Cidaris Suevica. 4. Couches de Küssaburg, à Amm. trimarginatus. 3. Couches de Hornbuck à Amm. virgulatus.
I. — Zone de l'Amm. transversarius.	2. Couches de Heidenloch, à Nulliporites. 1. Couches à Amm. Œgir avec Amm. canaliculatus et Amm crenatus.

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 50.
(2) *Neues Jahrb.*, 1866, 608.
(3) *Revue de Géologie*, IV, 145.

ALPES MÉRIDIONALES. — M. Benecke (1) a essayé de classer les étages jurassiques supérieurs des Alpes conformément aux divisions adoptées dans d'autres contrées.

	ALPES MÉRIDIONALES.	AUTRES CONTRÉES.
Kimméridien (Malm).	Calcaires à Terebratula diphya avec Amm. hybonotus, Amm. lithographicus.	Couches à Tereb. diphya des Alpes septentrionales à Hals, Weyer, Losenstein.— Schistes lithographiques de Solenhofen, Mussplingen, Cirin. Zone des Amm. acanticus, Amm. Uhlandi.
Oxfordien.	Inconnu.	
Callovien.	Inconnu.	Calcaire de Vils dans les Alpes septentrionales. Couches à Terebratula pala, Terebatula trigona, etc.

Ce qu'il y a de plus saillant dans cette classification, c'est l'assimilation faite par M. Benecke des calcaires à Terebratula diphya avec l'étage kimméridien supérieur de Solenhofen.

POMÉRANIE. — Le terrain jurassique supérieur forme quelques affleurements isolés en Poméranie, sur la rive droite de l'Oder, au milieu du diluvium et des alluvions. M. Sadebeck (2) y reconnaît trois types, les marnes de Fritzow, le calcaire de Klemmen et le calcaire de Bartin.

Les marnes de Fritzow sont calcaires et alternent avec des calcaires oolithiques : elles plongent de 5 à 10° vers la côte de la Baltique. On y trouve les fossiles suivants : Serpula quinque-angularis, Nautilus Moreausus, Ammonites giganteus? Cerithium limæforme, Chemnitzia abbreviata, Nerinea fasciata, Natica hemisphærica, Bulla suprajurensis, Gresslya excentrica, Pholadomya paucicosta, Astarte plana, Astarte suprajurensis, Trigonia suprajurensis, Mytilus pectinatus, Exogyra Bruntrutana, Ostrea solitaria, Holectypus corallinus, Hemicidaris Hoffmanni.

Le calcaire de Klemmen est oolithique et contient en abondance, outre les fossiles ordinaires de Fritzow, Terebratula subsella, Rhynchonella pinguis, Echinobrissus scutatus.

Enfin le calcaire de Bartin se divise en deux assises : l'une de

(1) *Geognost. palæont. Beitraege.* — Münich, 1866.
(2) *Zeit. d. d. G.*, XVII, 651.

calcaire compacte avec Nerinea fasciata, Cerithium limæforme; l'autre, inférieure, de calcaire oolithique avec Amm. Eudoxus, Cerithium limæforme, Exogyra Bruntrutana, Pygurus Blumenbachii.

Pologne.—Le terrain oolithique supérieur est bien développé en Pologne, où M. Zeuschner (1) y distingue, de haut en bas, les assises suivantes :

Étage Kimméridien, avec Exogyra virgula, Ceromya excentrica, etc.

Étage corallien, calcaire compacte avec nérinées, Cardium corallinum, Diceras arietina, etc.

Étage oxfordien.
- Zone du Cidaris florigemma, calcaire crayeux ou oolithique.
- Calcaire à Spongiaires.
- Calcaire blanc avec silex à Ammonites Lamberti, Ammonites perarmatus, Cidaris coronata.
- Marne calcaire blanche à Ammonites cordatus, Ammonites crenatus.

Étage callovien à Ammonites macrocephalus, Ammonites hecticus, Ammonites Jason.

Turquie d'Asie.—D'après M. Abich (2), le terrain oxfordien est très-développé dans les montagnes qui séparent le Kour et l'Aras, et l'on y trouve du charbon de terre, tandis que les couches carbonifères proprement dites d'Arménie n'en renferment pas. Dans l'isthme du Caucase il y a des grès appartenant à l'étage oxfordien où l'on trouve des débris végétaux et du charbon. Ces grès se relient à des dépôts analogues d'Elbrouz en Perse et à ceux du flanc méridional du Caucase. Le terrain oxfordien est aussi bien représenté dans les montagnes qui s'étendent entre Ordoubad et Migri, où des couches très-épaisses de charbon se rencontrent près de Benamptschapour, à 1.000 mètres au-dessus du niveau de l'Aras. Des grès à plantes oxfordiennes ont été rencontrés également par M. Abich au nord du lac de Gotschai ainsi que dans la vallée de Bojam près d'Elisabethpol.

Flore Jurassique.

D'après M. de Zigno (3), les fougères fossiles de la période oolithique forment 94 espèces, soit deux cinquièmes de la flore de cette époque. 19 seulement possèdent des nervures réticulées.

(1) *Neues Jahrb.*, 1866, 788.
(2) *Aperçu de mes voyages en Transcaucasie.* — Moscou, 1866.
(3) *Osservazioni sulle felci fossili dell' oolite.* — Padoue, 1865.

L'Angleterre et, après elle, la Vénétie sont les pays où les fougères oolithiques sont le plus abondantes.

— La flore jurassique du Calvados s'est enrichie de deux espèces nouvelles, étudiées et décrites par M. Morière (1). L'une d'elles, trouvée autrefois dans le lias de Tournay sur Odon, a été nommée par M. Brongniart Cycadoïdea mycromelga. L'autre, découverte par M. Morière dans l'oxfordien moyen entre Villers-sur-Mer et Auberville, est une cycadée qui paraît nouvelle et pour laquelle l'auteur propose le nom de Zamia Brongniartii.

— M. Carruthers (2) a décrit une espèce fossile d'Araucaria, l'A. sphærocarpa, de l'oolithe inférieure du Somerset : cette espèce et l'A. pippingfordiensis du Weald appartiennent au genre Eutacta et présentent beaucoup de ressemblance avec les espèces de la flore actuelle de l'Australie.

TERRAIN CRÉTACÉ INFÉRIEUR.

ANGLETERRE. — La nature des dépôts inférieurs à la craie glauconieuse varie d'une manière assez sensible lorsqu'on s'avance, en Angleterre, de l'est vers l'ouest. M. Meyer (3) a essayé de les suivre depuis Folkestone jusqu'à Lyme-Regis : d'après lui, le gault serait représenté, dans cette dernière localité, par un sable brun jaunâtre appelé Fox-mould, tandis que le grès vert inférieur au gault y aurait pour équivalent un sable glauconieux avec concrétions connues sous le nom de cowstones.

A Folkestone même, M. Meyer admet, au-dessous du gault, les subdivisions suivantes, de haut en bas :

1° Couches de Folkestone (20 à 25 mètres), consistant en sables avec concrétions irrégulières de grès siliceux avec quelques lits de cailloux.
2° Couches de Sandgate (50 mètres), sables argileux de couleur foncée.
3° Couches de Hythe (40 à 45 mètres), ou série du Kentish-rag, reposant sur l'argile d'Atherfield.

Les assises 3 et 4 se coincent vers l'est et ne sont plus représentées à Lyme Regis.

(1) *Société Linéenne de Normandie*, XV.
(2) *Geol. Mag.*, III, 249.
(3) *Geol. Mag.*, III, 13.

FRANCE. — M. Cornuel (1) a étudié une couche fluviolacustre qu'on observe, près de Vassy (Haute-Marne) dans le minerai de fer oolithique du terrain néocomien, au-dessus de l'argile rose marbrée. Cette couche, déjà remarquée par M. Tombeck, a fourni des ossements de reptiles et de pycnodus, plusieurs espèces d'unio et surtout des cônes de pins, Pinus submarginata, P. rhombifera, P. gracilis, P. aspera. Ce gisement devait former, à l'époque néocomienne, une lagune alimentée, suivant M. Cornuel, par les eaux de la Moselle et de la Haute-Meuse anciennes, dont les bassins étaient déjà esquissés à cette époque.

ESPAGNE. — A la suite d'études entreprises en Espagne et spécialement dans les provinces de Teruel et de Castellon de la Plana (Aragon), où l'étage aptien est très-développé, M. Coquand (2) a donné de cet étage une monographie paléontologique qui comprend la description de 231 espèces, savoir : 3 annélides, 25 céphalopodes, 52 gastéropodes, 121 conchifères, 9 brachiopodes, 14 échinodermes, 6 polypiers et 1 foraminifère.

Le caractère fondamental du terrain aptien d'Espagne est, d'après M. Coquand, l'association intime des calcaires à Chama ammonia et à Scaphites Yvanii avec les argiles à plicatules et à Ostrea aquila. Or cette même association a été également observée par M. Coquand en Algérie. Il a donc été conduit (3) à modifier la classification du terrain crétacé inférieur de manière à ne plus attribuer aux étages barrémien et urgonien qu'une importance secondaire et locale. Le tableau suivant résume sa manière de voir actuelle :

Terrain crétacé inférieur.	I. Étage aptien.	A. Supérieur.	Marnes aptiennes et couche rouge de Vassy.
		B. Inférieur.	Néocomien supérieur (Lory), ou néocomien supérieur alpin (Pictet), ou urgonien d'Orbigny), ou argiles ostréennes de Vassy, ou Barrémien (Coquand), ou aptien méditerranéen (Coquand).
	II. Étage néocomien.	Marnes d'Hauterive.	
		Pierre jaune de Neufchâtel.	
	III. Étage valenginien (marin), ou wealdien (lacustre).		

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 658.
(2) *Monographie paléontologique de l'étage aptien de l'Espagne*.—Marseille, 1866.
(3) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 560.

VALAIS. — M. Renevier (1) distingue, dans le terrain néocomien deCheville, en Valais, les assises suivantes :

Étage aptien. . .	Calcaire rosé.
Étage rhodanien.	Calcaire compacte jaunâtre à Orbitolites lenticulata et Requiena Lonsdalei.
Étage urgonien. .	Calcaire blanc à Requiena ammonia.
Étage néocomien.	1° Néocomien à spatangidés avec Toxaster complanatus, Nautilus pseudoelegans, Ostrea Couloni, Belemnites pistilliformis, Ammonites angulicostatus, Ammonites lepidus. 2° Calcaire gris néocomien à Ammonites cryptocera et Ostrea Couloni. 3° Néocomien alpin à Belemnites pistilliformis, Ammonites Ixion, Aptychus Mortilleti.

TERRAIN CRÉTACÉ SUPÉRIEUR.

FLANDRE. — M. Gosselet (2) range dans le gault inférieur certains sables, quelquefois très-blancs et exploités pour verreries dans le département du Nord, qui occupent des cavités du terrain primaire, notamment à Sars-Poteries: ces sables seraient alors l'équivalent du torrent d'Anzin.

Ils sont recouverts, à Sars et en d'autres endroits, par des argiles plastiques accompagnées de lits charbonneux et pyriteux qu'on utilise comme cendres agricoles.

Il convient de rappeler que ces sables sont rapportés par quelques auteurs au terrain tertiaire inférieur.

NORMANDIE. — M. Hébert (3) distingue, entre la craie à bélemnites et la craie glauconieuse, trois assises principales qui sont, de haut en bas :

1° La craie à micraster coranguinum, visible à Saint-Valery-sur-Somme, à Canteleu près de Rouen, à Hardivilliers (Oise), et atteignant 68 mètres de puissance en Normandie. On y trouve des plaques de Marsupites et l'Actinocamax verus. C'est à la base de cette assise que se rapportent, d'après M. N. de Mercey, les couches magnésiennes de Breteuil.

2° La craie à micraster cortestudinarium, puissante de 152 mètres à Fécamp

(1) *Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, IX. 113.
(2) *Projet d'une description géologique du département du Nord.*— Lille, 1867.
(3) *Comptes rendus*, LXII, 1101, et LXIII, 308.

et constituant toute la falaise de Dieppe au Tréport. Sa base est caractérisée par Ammonites Prosperianus, Micraster breviporus et Holaster planus. L'Holaster placenta occupe la partie supérieure.

3° La craie à Inoceramus labiatus, avec Echinoconus subrotundus, Cidaris hirudo, Rhynchonella Cuvieri, Holaster coravium; visible à Tancarville, Étretat, Fécamp et à Rouen, où elle a environ 80 mètres d'épaisseur.

— M. Bucaille (1) a observé l'étage cénomanien à Saint-Didier-des-Bois, près Elbeuf (Eure). Il se compose de deux assises, la supérieure, caractérisée par les céphalopodes, parmi lesquels Amm. falcatus, l'inférieure avec Holaster carinatus, Catopygus columbarius et Pecten asper. La présence de l'étage cénomanien dans ces parages est un fait curieux et qui ne peut s'expliquer que par une faille; car tout autour on ne trouve plus que de la craie blanche.

— M. N. de Mercey (2) a constaté la présence de la craie cénomanienne à Ammonites rothomagensis et Holaster subglobosus dans la vallée de l'Aulne, près Neufchâtel-en-Bray, entre Rogibus et Vatierville; cette craie se prolonge sur une assez grande longueur, parallèlement à l'axe longitudinal du pays de Bray. Il en résulte que la vallée de l'Aulne est, comme celle de la Béthune, une vallée de soulèvement où la craie marneuse et la craie glauconieuse ont été amenées au jour. Cette dernière craie a d'ailleurs plus d'étendue verticale qu'on ne l'avait d'abord supposé; elle comprend tout un système de couches blanchâtres, supérieures à la glauconie et contenant les céphalopodes ordinaires de ce niveau.

Dordogne. — Les argiles lignitifères de Cimeyrols, qui séparent ordinairement le terrain crétacé du terrain jurassique dans le Sarladais, sont regardés par M. Arnaud (3) comme des dépôts d'eau douce contemporains des grès du Mans et probablement synchroniques des lignites de l'île d'Aix. Cette manière de voir est partagée par M. Meugy (4) qui place les lignites du Sarladais sur le même horizon que ceux du Gard.

Ariége. — M. Garrigou (5) a reconnu l'existence du terrain turonien dans la vallée de Leycherc et de Celles, où il est carac-

(1) *Société des amis des sciences naturelles de Rouen*, 1866.
(2) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 764.
(3) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 50.
(4) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 89.
(5) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 419.

térisé par de nombreux rudistes : Hippurites organisans, H. bioculata, etc. L'étage est formé de grès et d'argiles, reposant sur une brèche où l'on trouve des débris de toutes les roches plus anciennes. On le reconnaît encore à Foix, au Mas d'Azil, et en plusieurs autres points du département de l'Ariége.

CORBIÈRES. — M. Leymerie (1) voit dans les argiles rouges et calcaires avec brèches des Corbières, ainsi que dans le calcaire à physes et les argiles rouges de la Montagne Noire, un équivalent du terrain qu'il a désigné sous le nom de *garumnien* (2). Ce même groupe se retrouverait dans les couches rouges de Vallemagne (Hérault). M. Leymerie propose de lui donner, à cause de sa couleur dominante, le nom d'étage *rubien*, en le plaçant sur l'horizon du terrain danien du Nord ; car les argiles des Corbières sont supérieures au grès d'Alet, qui est lui-même l'équivalent de la craie à Hemipneustes radiatus d'Ausseing.

BELGIQUE. — Un très-curieux gisement de craie supérieure a été découvert dans l'Entre-Sambre-et-Meuse, à Pry, par MM. Cornet et Briart (3) ; c'est un poudingue identique avec le poudingue de Ciply, qui remplit une fente verticale de $0^m,70$ de largeur dans le calcaire dévonien à stringocéphales. Ce poudingue contient les fossiles caractéristiques de Maestricht : Belemnitella mucronata, Baculites Faujasii, Rhynchonella octoplicata, Crania ignabergensis, Thecidea papillata. Il prouve donc que la mer qui déposait les couches de Maestricht et de Ciply s'est étendue jusque dans cette région, où un lambeau du terrain a été préservé de la dénudation par la situation qu'il occupait dans une fente du terrain ancien.

VALAIS. — MM. Renevier et Pictet (4) ont étudié la faune crétacée de Cheville dans le Valais.

M. Renevier y distingue quatre couches principales :

1° La couche supérieure est un calcaire compacte caractérisé par les Amm. Cunningtoni, A. varians, A. Mantelli, Baculites baculoïdes, Holaster subglobosus.

2° Au-dessous vient un calcaire noirâtre avec Nautilus Clementinus, Amm. varicosus, A. Hugardianus, A. inflatus, A. auritus, Ino-

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 550.
(2) *Revue de Géologie*, V, 190.
(3) *Bulletin de l'Académie royale de Belgique* [2], XXII.
(4) *Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, IX, 106.

ceramus concentricus, etc. On y retrouve encore les Amm. Mantelli et Holaster subglobosus.

3° Cette assise est supportée par des grès verdâtres sans fossiles au-dessous desquels vient :

4° Le véritable gault, avec Amm. mammillatus, A. interruptus, A. Beudanti, A. tardefurcatus, Inoceramus Salomoni, Hemiaster minimus.

M. Renevier insiste sur le mélange des espèces du gault de Sainte-Croix avec la faune rothomagienne dans la couche n° 2, mélange qui lui paraît nécessiter la distinction de cette assise comme sous-étage. Il nous paraît évident que cette couche de passage représente l'horizon de la gaize des Ardennes, dont l'étendue est ainsi beaucoup plus grande qu'on ne l'avait d'abord supposé.

ALLEMAGNE. — On croyait autrefois que le *plæner* des Allemands correspondait au cénomanien et au turonien des géologues français et que le sénonien avait pour équivalent les couches à bélemnites. Cependant les observations de MM. Ewald et Strombeck avaient ébranlé cette classification en faisant voir que, si la partie inférieure du plæner supérieur correspond au turonien, les assises supérieures appartiennent déjà à la craie sénonienne. La question a été reprise par M. Schloenbach (1), et ses études l'ont conduit à établir comme il suit le parallélisme des divisions de la craie d'Allemagne avec celles que M. Hébert a distinguées dans le bassin de Paris :

	ALLEMAGNE du Nord-Ouest.		BASSIN de la Seine.	
	Craie supérieure à Belemnites quadratus.		Craie blanche à bélemnites.	
			Zone du micraster coranguinum.	
Plæner supérieur.	3. Couches à Inoceramus Cuvieri.		3. Zone du micraster cortestudinarium.	
	2. Couches à Scaphites.		2. Zone des Ammonites prosperianus et micraster breviporus.	
	1. Couches à Inoceramus. Brongniarti.	b. Blanches, avec nombreux brachiopodes.	b. Partie supérieure riche en Rhynchonella Cuvieri.	1. Zone de l'Inoceramus labiatus.
		a. Rouges, avec Inoceramus labiatus.	a. Partie inférieure riche en Inoceramus labiatus.	
	Plæner inférieur.		Craie glauconieuse.	

(1) *Neues Jahrb.*, 1866, 309.

Il résulte de là que le Belemnites quadratus descend, en Allemagne, plus bas qu'en France; d'autre part, le sénonien et le turonien sont liés beaucoup plus intimement dans le premier de ces pays que dans le second.

Hartz. — Les travaux du chemin du fer de Vienenbourg à Goslar ont permis à M. F. A. Roemer (1) de reconnaître, à la base du Sudmerberg, un grès jaunâtre glauconieux à Belemnites quadratus, où abondent les inocérames (I. Cuvieri, I. digitatus, I. lobatus, I. cancellatus). Cette couche repose, par l'intermédiaire de grès sans fossiles, sur les couches redressées du plæner.

Les mêmes travaux ont montré que la marne à polypiers du Sudmerberg est relevée sous un angle considérable; on ne peut donc plus admettre que le dernier soulèvement ayant affecté le bord septentrional du Hartz ait eu lieu avant le dépôt de la craie à Bel. quadratus. Ce phénomène s'est passé, vraisemblablement, pendant la période tertiaire.

Alpes autrichiennes. — D'après M. Zittel (2), à qui l'on doit d'importantes études sur la faune des couches de Gosau, le nombre des bivalves connus dans ces couches est de 140. De ce nombre, 88 (ou 63 p. 100) sont spéciales à Gosau et 52 (37 p. 100) se retrouvent dans d'autres contrées. L'examen de ces dernières porte M. Zittel à conclure que la formation de Gosau doit être rattachée au turonien et particulièrement à l'étage provencien ou zone de l'Hippurites cornuvaccinum; ses affinités sont bien marquées avec les grès d'Uchaux et avec le plæner de Saxe et de Bohême.

Bohême. — D'après M. Wolf (3), le terrain crétacé supérieur de Bohême peut se diviser en trois groupes: le groupe sénonien, comprenant les marnes à baculites et les grès à Callianassa; le groupe turonien ou les marnes à scaphites et le calcaire à hippurites; enfin le groupe cénomanien, formé de la couche à Ammonites rothomagensis et du Quader inférieur.

Sicile. — En annonçant la découverte d'espèces appartenant au niveau de la craie de Rouen dans la chaîne des Madonnies en Sicile, M. Meneghini (4) avait laissé entendre que ces fossiles oc-

(1) *Palæontographica*, XIII, 193.
(2) *Neues Jahrb.*, 624.
(3) *Jahrb. d. K. K. g. R.*, XV, 2.
(4) *Atti della Soc. Ital. di sc. nat.*, 1864.

cupaient un niveau supérieur à un calcaire à hippurites. M. Coquand (1) s'est assuré que ce calcaire était, en réalité, du corallien à diceras et que, par conséquent, il n'y avait là aucune dérogation aux lois de la paléontologie. Les espèces cénomaniennes des Madonnies sont les Ostrea scyphax et O. auressensis d'Algérie, associées aux Ostrea conica et Janira tricostata.

Ajoutons que cette même faune a été récemment découverte en Calabre.

New Jersey. — Les débris d'un Dinosaurus gigantesque ont été découverts dans les grès vert crétacé du New-Jersey. M. Cope (2) l'a décrit en faisant observer que ce fossile remplit un hiatus dans la faune crétacée. Cet animal, qui a reçu le nom de Loelaps aquilunguis, est égal en taille au Megalosaurus Bucklandi, et il a des affinités avec le Trachodon du Nebraska.

Flore crétacée.

En étudiant la flore fossile du terrain crétacé, M. Goeppert (3) a reconnu que certaines plantes se rencontrent dans deux, quelquefois même dans trois des étages du terrain crétacé. Ainsi la Geinitzia cretacea se retrouve dans le cénomanien, le turonien et le sénonien; et le Cylindrites spongioïdes va depuis le néocomien jusqu'au sénonien.

— M. Marcou (4) avait indiqué des plantes semblables à celles du terrain miocène dans des couches évidemment crétacées du Nebraska. M. Capellini (5) et M. Heer les ont étudiées avec soin et ont reconnu que cette flore se rapproche de celle de Moletein, en Moravie, où l'on trouve deux espèces de Ficus et deux de Magnolia très-semblables aux formes du Nebraska. La flore du Nebraska est donc bien crétacée : mais la flore du terrain crétacé supérieur est beaucoup plus voisine de la flore tertiaire que de celle du terrain jurassique. Toutefois, tandis que la flore crétacée européenne présente plutôt un type nord-australien, celle du Nebraska est plus intimement liée avec la flore actuelle de l'Amérique.

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 497.
(2) *American Journal*, XLII, 425.
(3) *Zeit. d. d. g. K.*, XVII, 638.
(4) *Revue de Géologie*, IV, 257.
(5) *Mémoires de la Société helvétique des sciences naturelles*, 1866.

TERRAINS NÉOZOÏQUES.

TERRAIN ÉOCÈNE.

ARGENTEUIL. — La couche de marnes marines à trémies quadrangulaires, connue depuis longtemps à Montmartre entre la troisième et la quatrième masse du gypse, a été retrouvée à Argenteuil par MM. Bioche et Fabre (1). Les fossiles de cette couche ont été examinés par M. Deshayes, qui y a reconnu la Pholadomya ludensis et des espèces nouvelles, Crassatella Desmaresti, Voluta Fabri, Diplodonta Guyerdeti.

Une couche semblable, caractérisée par la Lucina Heberti, avait été signalée par M. Goubert entre la première et la seconde masse du gypse d'Argenteuil.

Ces faits, rapprochés de l'existence de la couche à Pholadomya ludensis, indiquée par M. Hébert, entre le gypse et le calcaire de Saint-Ouen, prouvent que la mer a joué, dans le dépôt de l'étage des gypses, un rôle plus important qu'on ne l'avait pensé jusqu'ici.

En outre, la faune des marnes marines offre un mélange des espèces des sables de Beauchamp avec celles des sables de Fontainebleau ; M. Deshayes se base sur cette association pour maintenir ces derniers sables dans l'étage éocène.

CÔTE D'OR. — M. Tournouer (2) classe dans l'éocène moyen le calcaire lacustre à Planorbis pseudoammonius de Talmay (Côte-d'Or) et dans l'éocène supérieur le calcaire lacustre à Lymnea longiscata et Planorbis planulatus de la Haute-Saône et de la Côte-d'Or. Ce dernier calcaire serait placé sur l'horizon des argiles sidérolithiques de Mâcon et des argiles bleues à lignites de la Bresse.

AUDE. — En 1865, M. H. Magnan avait découvert, dans les calcaires lacustres du Mas-Sainte-Puelles (Aude), des dents de Palæotherium magnum, P. medium et P. minus qui permettaient de placer ces calcaires sur l'horizon des gypses parisiens ; cette conclusion vient d'être confirmée par les recherches de M. Noulet (3), qui a reconnu dans ces mêmes calcaires des dents de Pterodon Dasyuroïdes, de Chæropotamus parisiensis et de Dichobune

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 322.
(2) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 769.
(3) *Mémoires de l'Académie des sciences de Toulouse*, 1866, 159.

leporinum : cette espèce surtout est importante, car on ne l'avait rencontrée jusqu'ici que dans les plâtrières des environs de Paris.

Belgique. — On se rappelle (1) la découverte faite en Belgique, près de Mons, par MM Cornet et Briart, d'un calcaire grossier situé à la base des terrains tertiaires et contenant une faune au moins très-voisine de celle du calcaire grossier parisien. Depuis, ces auteurs ont poursuivi leurs recherches (2) et ont retrouvé des gisements analogues dans la vallée de la Haine.

M. d'Omalius d'Halloy (3) voit dans l'existence de ce calcaire un fait en accord avec la théorie des colonies ainsi qu'un argument en faveur de l'hypothèse qui attribue la production des calcaires à des phénomènes thermaux.

Saxe. — Des fruits fossiles provenant des lignites d'Herrenhut en Saxe ont été étudiés par M. Poppe (4). Il résulte de cet examen, d'une part que les lignites en question appartiennent à l'étage oligocène, d'autre part que l'Allemagne jouissait à cette époque d'un climat tropical.

Limite entre le terrain éocène et le terrain miocène.

Les géologues continuent à être divisés sur la question de la limite entre l'étage éocène et l'étage miocène (5).

M. Hébert (6) pense que le maximum de différence paléontologique et stratigraphique dans les terrains tertiaires d'Europe, a lieu entre le gypse et les sables de Fontainebleau. On peut donc, suivant lui, classer ainsi les formations tertiaires moyennes:

		FRANCE.	ALLEMAGNE.	BELGIQUE.
Miocène inférieur.	Assise supérieure.	Calcaire de Beauce.	Oligocène supérieur.	Limbourg supérieur.
	Assise moyenne.	Sables d'Etampes.	Oligocène moyen.	
	Assise inférieure.	Calcaire de Brie et marnes à Cyrènes.	Oligocène inférieur.	Limbourg inférieur.
Éocène supérieur.		Gypse.	Lignite de Latdorf?	Manque.

(1) *Revue de Géologie*, IV, 236.
(2) *Académie royale de Belgique* [2], XXII.
(3) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 11.
(4) *Neues Jahrb.*, 1866, 57.
(5) *Revue de Géologie*, IV, 192.
(6) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 142.

Ainsi, contrairement à l'opinion des géologues allemands, M. Hébert exclut le gypse de l'oligocène inférieur pour le laisser dans l'éocène.

Hérault. — M. de Rouville (1) a signalé à Montredon, près de Montouliers (Hérault), une discordance de stratification bien marquée entre le terrain à Lophiodons, équivalent du calcaire grossier et du grès de Beauchamp et les couches miocènes qui forment le sommet du monticule. Ces couches sont celles qui ont fourni à M. Peyras beaucoup de dents de Dinotherium avec des restes d'Hipparion et de Rhinocéros.

TERRAIN MIOCÈNE.

Bourgogne. — M. Tournouer (2) reconnaît la base du terrain miocène inférieur dans les plaques siliceuses à Bithynia plicata et les calcaires marneux à Cyclas Thirriai de la Haute-Saône.

Le miocène inférieur et moyen lui paraît représenté, dans la Côte-d'Or, par le calcaire lacustre de Brognon ; les empreintes végétales contenues dans ce calcaire ont été étudiées par M. de Saporta (3), qui y reconnaît une flore tropicale bien caractérisée offrant, comme la flore actuelle des plateaux mexicains, un mélange de palmiers et de chênes. M. Tournouer place encore au même niveau le conglomérat de cailloux jurassiques à Helix Ramondi et Cyclostoma divionense, qui occupe le nord-est du département, de Talmay à Dijon.

Gironde. — M. Delfortrie (4) a recueilli dans le calcaire à astéries de la Gironde des débris de mammifères dans lesquels M. Ed. Lartet (5) a reconnu un sirénien, un paléothérien, un hippopotame et un rhinocéros. Cette association rappelle des faits analogues observés dans le calcaire lacustre de Ronzon (Haute-Loire).

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 148.
(2) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 769.
(3) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 253.
(4) *Actes de la Société Linéenne de Bordeaux* [3], VI, 104.
(5) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 592.

PYRÉNÉES. — Les marnes nummulitiques éocènes d'Orthez sont surmontées par des argiles d'eau douce avec lits calcaires subordonnés, que M. Tournouer (1) rapporte à la grande formation d'eau douce de l'Armagnac et du Gers, représentant la base des faluns de Bordeaux.

Au-dessus de ces argiles apparaît un affleurement restreint des faluns supérieurs à ostrea crassissima.

BASSIN DE MAYENCE. — A l'occasion des détails donnés par M. Weinkauff (2) sur les terrains tertiaires de la Hesse, M. R. Ludwig (3) a présenté quelques considérations sur l'ensemble des assises miocènes du bassin de Mayence.

Pour lui, ce bassin formait un golfe étroit et profond qui communiquait par sa partie méridionale avec l'Océan.

Toutes les couches qu'on y rencontre, depuis le sable marin jusqu'au calcaire à Littorinelles, appartiennent à une même période géologique. Il convient de ranger sur le même horizon diverses formations d'eau douce, telles que les sables à Unio pachyodon, les argiles et les lignites à Glyphostrobus europæus, Sequoia Langsdorfi.

L'argile à septaria du Nord repose sur les terrains d'eau douce du bassin de Mayence et n'a aucune relation avec les formations marines du bassin. Elle se relie, au contraire, à l'argile à mélanies de la Hesse ainsi qu'aux sables marins de Cassel.

Les basaltes, dolérites et trachydolérites ont apparu pendant le dépôt des couches de Mayence et de l'argile à septaria et avant celui du pliocène à Unio viridis.

Enfin, à une époque ultérieure, des soulèvements sont venus donner à la contrée son relief actuel et modifier les rapports de position des diverses assises.

ILE DE MALTE. — Les couches supérieures du terrain miocène de Malte, et spécialement les lits sableux et noduleux du grès calcaire, ont fourni à M. Leith Adams (4) les restes de plusieurs espèces de cétacés, des dents de zeuglodon et plusieurs espèces de dugong alliées aux baleines actuelles; enfin une dent, un os de l'oreille et quelques vertèbres caudales d'Halitherium.

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 853.
(2) *Revue de Géologie*, V, 239.
(3) *Neues Jahrb.*, 1866, 59.
(4) *Geol. Mag.*, III, 374.

— M. Martin Duncan (1) classe ainsi qu'il suit, d'après l'étude des polypiers, les terrains miocènes de l'île de Malte :

1. Calcaire supérieur à polypiers, avec Astrea Ellisiana et A. Forbesia.

2. Sable jaune avec Stephanophyllia imperialis, Flabellum extensum, Coenocyathus Adamsi.

3. Argile à Stephanophyllia imperialis.

4. Grès calcaire avec Conocyathus.

5. Calcaire siliceux dur, avec Stylocoenia lobato-rotundata, Dendrophyllia irregularis, Porites inconstans.

Antilles. — On sait que les dépôts miocènes sont bien représentés dans les Antilles (2). M. Guppy (3), qui a étudié avec un soin particulier la faune fossile des îles Caraïbes, pense que le miocène des Antilles doit être compris dans la même période géologique que le miocène européen : il est fort improbable, d'après lui, que les espèces miocènes des Caraïbes y soient arrivées par l'isthme de Panama ou par une route Est venant d'Europe ou de la mer des Indes : il semble plus naturel de croire que, pendant l'éocène et le miocène, il existait entre les rivages de l'Atlantique une liaison permettant la migration des espèces, bien que les continents ne fussent peut-être pas absolument contigus.

TERRAIN PLIOCÈNE.

Angleterre. — M. O. Fisher (4) a cherché la relation qui unit l'argile de Chillesford au crag de Norwich. Jusqu'ici la position de cette argile n'avait pas été définie avec précision, et les uns la rapportaient au crag, tandis que d'autres en faisaient du diluvium. M. Fisher croit avoir reconnu qu'elle est intercalée entre le crag de Norwich et la couche à Mya. La succession des assises serait donc, de haut en bas :

Crag de Norwich;
Argile de Chillesford;
Couche à Mya;
Crag rouge.

(1) *Neues Jahrb.*, 1866, 118.
(2) *Revue de Géologie*, IV, 259.
(3) *Geol. Society*, XXII, 281, 570.
(4) *Geol. Society*, XXII, 19.

— L'opinion de M. Fisher n'est pas partagée par M. Wood (1), qui croit que les couches de Chillesford sont supérieures au crag fluvio-marin. En outre, M. Wood considère la faune du crag rouge comme offrant l'exemple d'un des changements les plus rapides qu'on ait encore constatés en paléontologie; on y voit s'opérer graduellement la transition des anciens types, alliés à ceux du crag corallien et à la faune actuelle de la Méditerranée, aux types des assises supérieures, qui sont moins nombreux et se rapprochent des espèces septentrionales d'aujourd'hui.

Bourgogne. — M. Tournouer (2) classe dans le terrain pliocène les argiles et minerais de fer à Mastodon Borsoni et M. arvernensis des départements de la Haute-Saône (Gray, Autrey), de la Côte-d'Or (Chevigny, Fauverney, Saint-Seine), et de Saône-et-Loire (Chailly près Chagny).

Quant aux dépôts à Elephas meridionalis de Fontaine-Française et de Chagny et aux alluvions anciennes à Paludina burgundina des plaines de Dijon et de Châlon, il les considère comme occupant une place intermédiaire entre la période pliocène et la période quaternaire.

Belgique. — M. Godvin-Austen (3) a étudié les dépôts pliocènes des environs d'Anvers, qui se divisent en deux séries : une formation d'eau profonde avec zone vitale : c'est le diestien de Dumont ou crag inférieur; une série de sables grossiers, de graviers et de galets : c'est le scaldésien.

Les différences qu'on observe entre la faune du crag de l'Angleterre et celle de la Belgique peuvent s'expliquer par des raisons tirées de la profondeur de la mer.

Quant aux couches de Bolderberg, qui avaient servi à l'établissement du système boldérien de Dumont, M. Godwin-Austen croit que ce sont tout simplement des accumulations formées dans les mers du crag.

---

(1) *Geol. Society*, XXII, 538.
(2) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 769.
(3) *Geol. Society*, XXII, 228.

TERRAINS QUATERNAIRES.

Dépôts diluviens.

EUROPE OCCIDENTALE. — M. Tylor (1) a cherché à préciser l'âge des dépôts diluviens de l'Angleterre et de la France. D'après lui, les vallées du sud-est du Devonshire et celles du nord-est de la France ont été creusées à des époques géologiques très-éloignées, et remplies par des graviers marins ou fluviatiles, pour être de nouveau creusées avant l'époque des graviers des hauts et des bas niveaux.

Tous ces graviers ont été formés aux dépens de ceux de la période glaciaire, mélangés avec une certaine quantité de matériaux empruntés aux roches de l'endroit.

Enfin les graviers des hauts et des bas niveaux ne seraient qu'une seule et même formation, datant d'une époque immédiatement antérieure à la période historique.

SEINE. — M. Goubert (2) a décrit, dans les dépôts diluviens supérieurs des environs de Paris, trois gisements de coquilles terrestres et fluviatiles : les deux premiers s'observent à Gentilly : le troisième à Romainville. Les coquilles appartiennent aux genres Helix, Pupa, Succinea, Planorbis, Bithynia, etc.

HAUTE-SAÔNE, CÔTE-D'OR, SAÔNE-ET-LOIRE. — Les dépôts de transport ont été étudiés par M. Tournouer (3) dans les départements de la Haute-Saône, de la Côte-d'Or et de Saône-et-Loire ; il y établit les divisions suivantes :

(1) *Geol. Society*, t. XXII, p. 463.
(2) *Bull. Soc. Geol.*, t. XXIII, p. 542.
(3) *Bull. Soc. Géol.*, t. XXIII, p. 769.

HAUTE-SAÔNE.	CÔTE-D'OR.		SAÔNE-ET-LOIRE.
Grottes d'Echenoz, de Fouvent, etc., à Ursus spelæus et Elephas primigenius.	Grottes du plateau de Santenay à ursus spelæus. Fissure de Nolay à Elephas primigenius.		
Graviers de la Saône (Gray etc.,) à Elephas primigenius et graviers gris, quartzeux, des bords de la vallée.	Graviers vosgiens du fond de la vallée. Lit de la Saône de Pontailler à Seurre. Sablières de Lône, Franxault, Montagny, etc.	A Elephas primigenius	Graviers de la Saône à Elephas primigenius (Verdun, Chauvets, etc.).
	Graviers jurassiques des affluents de la rive droite (la Tille, la Vouge, la Dhaune, etc.).		Argiles et sables coquilliers de la tranchée de Saint-Cosme.

Ces divers dépôts seraient contemporains du limon jaune à Elephas primigenius du pied du Jura et de la Bresse (Mouchard, Salins, Lons-le-Saulnier et Coligny).

BELGIQUE. — M. Godwin-Austen (1) a étudié les dépôts superficiels de la Belgique ; il distingue, de haut en bas :

1° Les Polders, ou lits de vase marine, indiquant un faible exhaussement du terrain.

2° Les sables de la Campine, probablement formés par des sables amenés vers l'intérieur des terres et provenant des dunes de la période du boulder-clay. Quant au loess ou limon hesbayen. M. Godwin-Austen le considère comme dû à la fonte annuelle des neiges.

3° Les cailloux ardennais, qui doivent être rapportés à une période antérieure de froid, à l'époque où l'axe de la contrée était relativement plus élevé qu'aujourd'hui.

L'argile à cailloux (boulder-clay), qui viendrait se placer entre les formations 2 et 3, est à peine représentée aux environs d'Anvers.

VÉRONE. — M. Manganotti (2) a étudié les alluvions anciennes de la province de Vérone. Il regarde leur origine comme liée aux phénomènes qui ont produit le lac de Garde et les dépôts avoisinants. La vallée de l'Adige serait une vallee de soulèvement, formée par la dernière grande catastrophe qui a donné aux Alpes leur relief actuel, et les dépôts alluviens qu'on y rencontre auraient

(1) *Geol. Mag.*, t. III, p. 123.
(2) *Neues Jahrb.* 1866, p. 106.

été transportés par les eaux descendant des Alpes Rhétiques. Tous ces dépôts seraient l'œuvre de courants d'eau et un très-petit nombre seulement devraient être attribués à l'action des glaciers.

Environs de Rome. — M. Bleicher (1) a continué ses études sur les terrains diluviens des environs de Rome.

Il signale l'influence exercée par les volcans du Latium sur la formation des alluvions fluviales de la fin de l'époque quaternaire. De plus, le tuf volcanique stratifié de la porte Saint-Paul, supérieur à une marne diluvienne avec coquilles d'eau douce, lui paraît très-analogue à celui des catacombes de Saint-Laurent, qui pourrait être regardé comme pliocène et d'origine sous-marine.

Enfin M. Bleicher a remarqué, sur la côte du Latium, entre le Tibre et le Mignone, les preuves d'une sédimentation active et d'un soulèvement lent et graduel.

Illinois. — M. Andrews (2) a établi que le diluvium (drift) de l'Illinois se compose de deux couches très-faciles à distinguer : la couche inférieure est une masse hétérogène remplie de blocs quelquefois anguleux et où les traces de l'action glaciaire sont évidentes. La couche supérieure est constituée par des sables et des graviers bien stratifiés, avec cailloux roulés. Les caractères du drift inférieur ont été mis en évidence par la construction d'un tunnel destiné à alimenter la ville de Chicago au moyen de l'eau du lac Michigan.

Plages émergées ; mouvements récents des côtes.

Écosse. — En faisant des sondages à 40 milles de la côte d'Aberdeen, dans la mer du Nord, on a trouvé, en une fois, à des profondeurs comprises entre 70 et 80 mètres, quatre espèces de mollusques aujourd'hui vivants, à l'état de coquilles roulées et à demi fossilisées. Ce sont des coquilles habitant les rivages, telles que Purpura lapillus, Littorina rudis, Solen siliqua et Mytilus edulis.

Ces circonstances suffisent, d'après M. Dawson (3), pour établir que ces coquilles n'ont pas été amenées là par un accident,

(1) *Bull. Soc. géol.*, t. XXIII, p. 645.
(2) *Americ. Journ.*, t. XLIII, p. 75.
(3) *Geol. Mag.*, t. III, p. 130.

mais qu'on les a trouvées à la place où elles avaient vécu à une époque pendant laquelle la mer y était moins profonde. Si cette induction était fondée, il en résulterait qu'à la fin de la période glaciaire le sol des îles Britanniques était plus élevé qu'aujourd'hui au-dessus de la mer.

ANGLETERRE. — Une plage émergée s'observe, en Angleterre, à Weston super-mare, où M. Day (1) l'a étudiée : d'anciennes dunes recouvrent un lit de galets élevé de 8 mètres au-dessus des plus hautes mers actuelles et où l'on a trouvé des os de ruminants et des dents d'une petite espèce de cheval avec de nombreuses coquilles de Littorina littorea et L. littoralis, espèces qui abondent encore aujourd'hui sur nos côtes.

A 2 milles de là on rencontre une caverne à ossements d'hyène, creusée, à 13 mètres au-dessus du niveau de la haute mer, dans le calcaire carbonifère, et au-dessous de laquelle est une autre caverne plus spacieuse, mais qui ne paraît pas avoir été habitée à la même époque, ce qui s'explique aisément si l'on admet que la première caverne était hantée par les hyènes lors de la formation de l'ancienne plage, tandis que la seconde était, au même moment, au-dessous du niveau moyen des eaux.

BOULONNAIS. — M. Prestwich (2) a déjà décrit une plage émergée qu'on observe entre le village de Sangatte et le cap Blanc-Nez, près de Calais. Ce point n'est pas le seul du détroit où le phénomène d'exhaussement de la côte soit mis en évidence : il existe aussi une ancienne plage à Wissant, et M. Day (3) en a donné une description succincte.

Un peu au-dessus du niveau de la mer apparaît le grès vert inférieur, surmonté par un lit de cailloux roulés que recouvre un sable verdâtre, et au-dessus on voit une couche composée presque entièrement de débris végétaux et recouverte elle-même par le sable des dunes.

Enfin, presque au niveau de la basse mer se trouvent les restes d'une forêt fossile, consistant en une assise tourbeuse dans laquelle sont implantées de nombreuses souches d'arbres. M. Day a trouvé dans les racines d'une de ces souches un ossement à surface noircie qui a été reconnu pour appartenir à l'espèce du Bison priscus (aurochs). Le sable qui remplissait l'intérieur contenait des coquilles d'eau douce, Planorbis et Bithynia tentaculata.

(1) *Geol. Mag.*, p. t. III, p. 115.
(2) *Revue de Géologie*, t. V, p. 200.
(3) *Geol. Mag.*, t. III, p. 109.

Italie. — La plupart des géologues ont attribué au soulèvement en masse du sol l'émersion des terrains marins pliocènes et quaternaires en Italie. Cependant, sans nier les mouvements d'exhaussement qui ont pu se produire, M. Bianconi (1) est disposé à admettre qu'il faut faire une certaine part à l'abaissement du niveau de la Méditerranée, dont il croit voir la preuve notamment dans le dessèchement du Sahara et dans l'inégalité de hauteur des dépôts pliocènes des deux côtés du détroit de Gibraltar.

DEUXIÈME PARTIE.

LITHOLOGIE.

La lithologie ou l'étude des roches est l'objet d'un grand nombre de travaux dont la connaissance offre de l'intérêt à toutes les personnes qui s'occupent de géologie. Comme les années précédentes, nous allons en donner un résumé sommaire, nous attachant d'une manière spéciale à faire connaître les nouvelles analyses de roches.

Les principaux ouvrages qui donnent ces analyses sont : *Jahresbericht der Chemie* de MM. Will et Th. Engelbach; *Neues Jarhbuch der mineralogie* de MM. G. Leonhard et Bruno Geinitz; *Uebersicht der Resultate mineralogischen Forschungen* de M. A. Kenngott, ainsi que les autres recueils périodiques traitant de minéralogie ou de géologie.

Pour comparer les analyses nouvelles avec celles qui ont été faites antérieurement, il sera d'ailleurs utile de consulter l'ouvrage de M. J. Roth, intitulé : *Gesteins Analyse*, et de se reporter aux cinq volumes précédents de la *Revue de Géologie*.

(1) *Bull. Soc. géol.*, t. XXIII, p. 72.

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES ROCHES.

Étude microscopique des roches.

A l'exemple de M. H. Clifton Sorby (1), M. F. Zirkel (2) s'est occupé de l'étude microscopique des roches.

Lorsqu'on examine les minéraux des roches l'on constate qu'ils présentent souvent des parties enveloppées ou enclavées; tantôt ces enclaves sont des pores ou cellules restées vides, tantôt elles sont formées de liquides et en particulier d'eau, ou bien elles se composent d'une pâte amorphe qui est à l'état vitreux, ou bien enfin il s'y est développé une multitude de cristaux microscopiques, et alors elles deviennent opaques et passent à l'état pierreux.

Ces enclaves ont une forme variée qui est habituellement ovoïde; dans d'autres cas, leur forme rappelle celle d'une larme. Elles sont aussi ramifiées et plus ou moins irrégulières.

Qu'elles soient solides ou liquides, ces enclaves montrent elles-mêmes des cavités ou des cellules.

En étudiant les quartz des granites, M. Zirkel a reconnu qu'ils contiennent de petites cavités avec de l'eau, ainsi que des enclaves vitreuses et des enclaves pierreuses.

Pour leurs feldspaths, il en est de même; seulement par suite du défaut de transparence, ces différentes espèces d'enclaves sont plus difficiles à reconnaître.

Si l'on considère spécialement le gneiss classique de la Saxe, M. Zirkel observe qu'il contient un grand nombre d'enclaves avec de l'eau, mais pas d'enclaves vitreuses.

Les enclaves vitreuses et pierreuses sónt, du reste, très-rares dans les quartz de certains granites.

Les quartz des granites enveloppent aussi des cristaux vitreux qui rappellent les feldspaths du trachyte, et les rétinites en sont d'ailleurs composés.

La structure microscopique du trachyte est la même que celle du granite; en sorte, dit M. Zirkel, que si l'on admet que l'une des deux roches soit éruptive et non métamorphosée, il doit nécessairement en être de même pour l'autre.

En examinant la pâte, homogène en appareace, du porphyre eu-

---

(1) *Revue de Géologie*, IV, 114.

(2) *Poggendorff Annalen*, CXIX, 228. — Kenngott : *Uebersicht der mineralogischen Forschungen*, 1862 à 1865, p. 329. — *Neues Jahrbuch*, 1866, 369.

ritique ou trachytique, l'on reconnaît qu'elle est composée de substances feldspathiques et quartzeuses. Les cristaux de feldspath enveloppent souvent beaucoup de quartz, ainsi que des veines ramifiées qui sont formées par la pâte.

Les basaltes et les roches amygdaloïdes qui les accompagnent présentent un mélange de feldspath, avec du fer oxydulé et un peu de péridot.

Les laves montrent un agrégat de cristaux parmi lesquels on distingue du fer oxydulé, du péridot et plus rarement de l'augite. Les feldspaths des laves, même les plus récentes, ont d'ailleurs des cellules contenant de l'eau.

Les parois de leurs cellules peuvent aussi être scorifiées, comme on le voit à l'œil nu dans celles qui sont de grandes dimensions.

Les rétinites présentent un enchevêtrement de petits cristaux de feldspath ; dans ces cristaux l'on distingue, du reste, des enclaves vitreuses et pierreuses.

Les perlites paraissent plus vitreux que les rétinites ; les globules (sphérulites) qu'ils renferment sont tantôt cristallins, et tantôt offrent l'apparence d'un verre traversé par des cristaux.

L'obsidienne a l'aspect d'un verre, mais contient cependant des cristaux ; les cellules avec eau et avec gaz y sont très-fréquentes. Si cette roche se comporte comme un verre à la lumière, il faut l'attribuer à ce que les cristaux microscopiques encore très-nombreux qu'elle renferme y sont disséminés dans toutes les directions.

Lorsqu'on étudie les globules qui se sont développés, soit dans des roches plutoniques comme la pyroméride et la diorite orbiculaire, soit dans des roches volcaniques comme l'obsidienne, la marékanite, le rétinite, le trachyte, on peut d'ailleurs, sans le secours du microscope, constater facilement dans ces globules l'existence d'enclaves et l'enveloppement de divers minéraux. On observe aussi des passages très-remarquables des globules aux cellules. Ces faits se reconnaissent surtout très-bien lorsqu'on attaque des plaques polies de ces échantillons par de l'acide fluorhydrique faible (1).

Les recherches de M. Zirkel offrent de l'intérêt au point de vue de la connaissance intime des roches et des théories pour expliquer leur formation ; elles mettent surtout bien en évidence l'in-

(1) Delesse : Recherches sur les roches globuleuses ; *Mémoires de la Société géologique*, 2e série, tome IV.

tervention de l'eau dans la formation des roches plutoniques et même des roches volcaniques.

Remarquons seulement que, dans l'étude microscopique des roches, l'observateur n'embrasse qu'un champ très-limité et que les cristaux, même les plus petits, appellent spécialement son attention ; aussi est-il toujours porté à attribuer à ces cristaux une importance exagérée.

On ne saurait douter cependant qu'il n'y ait une pâte ou un résidu de cristallisation dans les obsidiennes, les perlites, les rétinites, les laves, et dans les porphyres en général. Car lorsqu'on attaque ces roches, soit par des acides, soit par des dissolutions d'alcalis, elles se comportent d'une manière toute autre que si, comme le granite, elles étaient formées simplement par un agrégat entièrement cristallin de leurs minéraux constituants (1).

Résistance des roches à l'écrasement.

Un grand nombre d'expériences sur la résistance à l'écrasement des pierres servant dans les constructions, ont été faites par M. Michelot, ingénieur en chef des ponts et chaussées, et l'un de nous a commencé avec lui des recherches de ce genre.

Nous donnerons spécialement ici les résultats obtenus par M. Michelot pour les pierres qui sont employées dans le nouvel Opéra de Paris :

(1) Delesse : Action des alcalis sur les roches; *Bulletin de la Société de géologique*, 2e série, tome XI, page 127.

NATURE ET PROVENANCE.	POIDS du mètre cube.	POIDS supporté par centimètre carré lors de l'écrasement.
	kilog.	kilog.
Jaspe du Mont-Blanc, carrière de Saint-Gervais (Haute-Savoie).	2,716	1,839
Porphyre granitoïde brun, du bois de Vauban, commune de Bazoches (Nièvre). . .	2,585	1,487
Porphyre (Melaphyre) vert de Ternuay (Haute-Saône).	2,855	1,111
Porphyre granitoïde rouge, du bois de Planoïse, commune d'Autun.	2,585	1,030
Granite porphyroïde, des bois de Saint-Martin du Puy (Nièvre).	2,567	1,077
Granite micacé, commune de Lormes (Nièvre).	2,694	1,077
Syénite d'un rouge corail, du haut du Them, à Servance (Haute-Saône).	2,654	901
Syénite, dite feuille-morte, du Menil, commune de Servance (Haute-Saône).	2,685	867
Granite porphyroïde du Mont Cornu, commune de Servance (Haute-Saône).	2,643	715
Marbre sanguine, de Sampans (Jura).	2,637	1,076
Marbre violacé, de Sampans (Jura).	2,663	994
Pierre de Damparis, dite de Saint-Ylie, carrière de l'abbaye, banc de fond (Jura). . .	2,683	898
Pierre de Damparis, dite de Saint-Ylie, carrière du canal, banc jaspé (Jura). . .	2,668	752
Echaillon (pierre dite de l'), carrière de Revon, commune de la Rivière (Isère). .	2,726	852
Echaillon blanc, carrière de l'Echaillon, commune de Saint-Quentin (Isère). . . .	2,529	781
Echaillon (marbre jaune clair, dit roche de l') carrière de Lignet.	2,686	777
Echaillon rose, carrière de l'Echaillon. . .	2,472	606
Pierre de Damparis, dite de Saint-Ylie, carrière Rouge (Jura).	2,553	671
Pierre de Damparis, dite de Saint-Ylie, carrière de l'abbaye, banc blanc.	2,583	565
Pierre d'Anstrude (Yonne).	2,261	365
Pierre tendre, du Larrys de la Guiche, commune de Cry (Yonne).	2,161	369
Pierre tendre du Larrys de la Guiche, commune de Cry, bas (Yonne).	2,171	327
Pierre de Ravières; milieu (Yonne).	2,157	377
— haut (Yonne).	2,124	333
— bas (Yonne).	2,121	304

Tous ces matériaux de construction de l'Opéra ont été choisis avec beaucoup de soin, comme le prouve le chiffre élevé de leur résistance à l'écrasement.

Dans les jaspes du mont Blanc, qui ont servi à faire des colonnes, la résistance à l'écrasement est exceptionnelle.

Dans les porphyres, elle est aussi très-grande, supérieure même à celle des granites et des syénites, ce qui tient à ce que ces der-

nières roches ont une structure plus grenue et plus cristalline.

Certains calcaires très-compactes, comme les marbres de Sampans, de Saint-Ylie et de l'Échaillon peuvent d'ailleurs offrir une résistance qui est non-seulement égale, mais même supérieure à celle des granites.

CLASSIFICATION DES ROCHES.

Classification des roches éruptives basée sur leur composition et sur leur origine.

M. Bernhard de Cotta avait proposé une classification générale des roches que nous avons déjà fait connaître (1) ; plus récemment il a donné une classification spéciale des roches éruptives qui se base à la fois sur leur composition chimique, sur leur provenance géologique et sur leur texture (2). Adoptant surtout les idées de M. Th. Schéerer (3), voici quelles sont les divisions et les sous-divisions qu'il a établies :

ROCHES ÉRUPTIVES.

I. *Roches acides volcaniques.*

a. Cristallines grenues.	Trachyte.
b. Cristallines grenues et en même temps porphyriques.	Trachyte porphyroïde.
c. Porphyriques avec pâte compacte.	Porphyre trachytique et phonolithe.
d. Compactes ou émailleuses. .	Trachyte compacte, phonolithe, perlite.
e. Vitreuses.	Obsidienne.
f. Poreuses ou celluleuses. . . .	Pierre ponce.

II. *Roches acides plutoniques.*

a. Cristallines grenues.	Granite.
b. Cristallines grenues et en même temps porphyriques.	Granite porphyroïde.

(1) *Revue de Géologie*, III, 77.
(2) *Die Fortschritte der Berg und hüttenm. Wissenschaften.* — Freiberg, 1867.
(3) *Revue de Géologie*, IV, 41.

c. Porphyriques avec pâte compacte.	Porphyre granitique, porphyre quartzifère.
d. Vitreuses.	Pétrosilex.

III. *Roches basiques volcaniques.*

a. Cristallines grenues.	Dolérite.
b. Cristallines grenues et en même temps porphyriques.	Dolérite porphyrique.
c. Porphyriques avec pâte compacte.	Porphyre basaltique.
d. Compactes.	Basalte.
e. Vitreuses et amygdaloïdes. .	Basalte.

IV. *Roches basiques plutoniques.*

a. Cristallines grenues.	Syénite, diorite, diabase.
b. Cristallines et en même temps porphyriques.	Syénite, diorite, diabase porphyrique.
c. Porphyriques avec pâte compacte.	Porphyre aphanitique, porphyre pyroxénique, porphyre feldspathique.
d. Compactes.	Aphanite.
e. Celluleuses et amygdaloïdes. .	Aphanite, porphyre felspathique.

Classification des roches basée sur leurs caractères physiques.

M. Ferdinand Zirkel (1) a publié un manuel dans lequel il décrit les roches au point de vue minéralogique et chimique ; en même temps il fait connaître leurs caractères géologiques et leur mode de formation. Cet ouvrage qui est bien au courant de la science, résume avec netteté les nombreux travaux qui ont été publiés sur les roches dans ces dernières années.

Adoptant une classification analogue à celle de M. Gustave Leonhard (2), M. Zirkel divise les roches en deux grandes classes suivant qu'elles sont *cristallines* ou *clastiques*.

Les premières présentent des cristaux qui peuvent être plus ou moins développés ou bien devenir rudimentaires ; elles ont pour type le granite : elles sont *originaires*.

(1) *Lehrbuch der Petrographie*, 2 vol. Bonn, 1866.
(2) *Revue de géologie*, III, 76.

Les secondes sont composées de débris appartenant à des roches antérieures qui peuvent être réunis par un ciment; ces débris offrent des formes et des dimensions très-variables: les conglomérats et les grès appartiennent à ces dernières roches qui sont dites *régénérées.*

La classification adoptée par M. Zirkel se résume d'ailleurs dans le tableau suivant:

A. — ROCHES CRISTALLINES OU ORIGINAIRES.

I. — *Roches cristallines simples.*

Glace.	Névé, glace des glaciers, eau.
Roches haloïdes.	Sel marin, chaux fluatée, cryolithe, chaux carbonatée, dolomie, marne; gypse, anhydrite, phosphorite, stassfurtite, baryte sulfatée.
Roches quartzeuses.	Quartzite, schiste siliceux, hornstein, jaspe, meulière, opale, silex, geyserite, tripoli, farine fossile.
Roches silicatées.	Pyroxénite, malacolite, amphibolite, Skapolite, épidotite, erlanite; émeri, schiste talqueux, serpentine.
Roches métallifères.	Itabirite, fer oligiste, limonite, oolithe ferrugineuse, fer spathique, fer oxydulé.
Roches carbonées.	Graphite, anthracite, houille, lignite, tourbe, asphalte, schiste combustible, guano.

II. — *Roches cristallines composées.*

1. — Feldspathiques anciennes.

Roches orthosées avec quartz. . .	Granite, porphyre granitoïde, eurite, petrosilex, rétinite.
Roches orthosées sans quartz. . .	Syénite, foyaite, syénite zirconienne, miascite, ditroïte, minette.
Roches oligoclasées.	Diorite, porphyrite, mélaphyre.
Roches labradorées.	Diabase, porphyre labradorique, porphyre augitique, diabase schisteux, variolite, spilite, euphotide, hypérite.
Roches anorthitées.	Diorite orbiculaire, eukrite, schillerfels.

2. — Feldspathiques modernes.

Trachyte cristallin.	Rhyolithe, trachyte, phonolithe, andesite hornblendé, andesite augitique.
Trachyte vitreux.	Obsidienne, ponce, perlite, sphærulite.
Roches néphélinées et amphigénite.	Néphélinite, amphigénite, haüynophyre.
Basalte.	Dolérite, anamésite, basalte.

3. Roches non feldspathiques.

	Greisen, eklogite, grenatite, kinzigite, dichroïte, péridotite (dunite, lherzolithe), eulysite.

4. — Roches cristallines composées et schisteuses.

	Gneiss, leptinite, micaschiste, phyllade, ardoise, itacolumite.

B. — ROCHES CLASTIQUES OU RÉGÉNÉRÉES.

Conglomérats, brèches, tuffs agrégés ou meubles formés de roches.	Cristallines simples. Cristallines composées et grenues. Cristallines composées et schisteuses.
Conglomérats polygéniques et cailloux roulés.	
Grès et schistes sédimentaires. .	Grès quartzeux, sable quartzeux, grauwake, schiste argileux, argile schisteuse, schiste alunifère.
Roches formées par décomposition.	Kaolin, argile, terre à foulon, lehm et loess, terre végétale.

Dans cette œuvre assurément très-difficile d'une classification des roches, il nous semble que M. Zirkel, à l'exemple des anciens minéralogistes, accorde une importance trop grande aux caractères physiques et minéralogiques, et n'a pas assez égard aux caractères géologiques. Ainsi rien n'est plus naturel que de rapprocher les roches calcaires, siliceuses, argileuses qui constituent l'ensemble des terrains sédimentaires. En outre, les combustibles ou les roches carbonées s'y rattachent beaucoup plus qu'aux roches cristallines.

Maintenant la distinction entre les roches cristallines simples et les roches cristallines composées est assez délicate; il est bien vrai que les premières sont simples en ce sens qu'elles sont essentiellement formées par une substance minérale, mais il est bien rare qu'elles ne contiennent pas d'autres minéraux mélangés. L'amphibolite, la pyroxénite, la serpentine, le schiste talqueux, le schiste chloriteux, à l'état de pureté, c'est-à-dire formés exclusivement par un minéral, sont véritablement des accidents assez rares; le plus souvent divers minéraux s'y trouvent disséminés et même en proportion assez forte.

Observons de plus que dans la nature la plupart des roches simples sont associées à des roches composées et qu'elles y passent même insensiblement.

ROCHES.

Nous allons décrire maintenant les différentes espèces de roches en appelant plus particulièrement l'attention sur celles dont la composition chimique a été déterminée. Le compte rendu de chimie de MM. Heinrich Will et Th. Engelbach nous servira d'ailleurs de guide à cet égard (*Jahresbericht ueber die Fortschritte der chemie für* 1866).

ROCHES.

Roches carbonées.

Pétrole.

ITALIE. — Comme l'attention se porte d'une manière toute spéciale sur le pétrole, il n'est pas inutile de faire observer avec M. W. P. Jervis (1) qu'il se rencontre dans beaucoup de localités de l'Italie et particulièrement dans les Apennins. Habituellement il sort de couches pliocènes et pleistocènes. Il se trouve, par exemple, à Montechiaro, près Plaisance, à Amiano, près Parme, à Pietramala, près Florence, ainsi que dans les environs de Modène.

Les calcaires bitumineux de Querceto, près Sienne, donnent, d'après M. Bechi, 4 p. 100 d'huile de laquelle on peut extraire du naphte par une nouvelle distillation.

LUNEBOURG. — Le pétrole suinte à travers les schistes noirs et compactes du lias sur divers points des environs de Lunebourg, notamment près Wülfel, Sehnde, Oberg, Hänigsen, Obbershagen et surtout près Wietze, Hornbostel et Steinforde. Suivant M. H. W. Kasten (2), ce pétrole n'est pas exclusivement limité aux couches du lias, comme l'avaient cru jusqu'à présent la plupart des géologues; des sondages faits à Sehnde et à Hänigsen par une compagnie an-

(1) *The mineral resources of central Italy*, 87.
(2) Documents envoyés à l'Exposition universelle de 1867.

glaise, ont montré que, de 50 à 100 mètres de profondeur, l'on atteint les argiles du Keuper, le muschelkalk et le grès bigarré qui sont également imprégnés de pétrole.

On a constaté, notamment, que le grès bigarré en est complétement saturé et qu'il dégage une grande quantité d'hydrogène carboné gazeux. De plus au lieu d'être noir, épais et bitumineux, comme celui qui est à la surface du sol, le pétrole qu'on rencontre dans la profondeur est fluide, vert et semblable à celui de Pensylvanie.

Il semblerait d'après cela que les sources du pétrole qui ont imprégné le lias se trouvent au-dessous de cet étage géologique ; en Hanovre, de même que dans l'Amérique du Nord, il est possible qu'elles soient sous le carbonifère ou sous le dévonien et en un mot dans le terrain de transition.

Galicie. — Le pétrole est encore exploité en Galicie dans le grès néocomien et dans les couches tertiaires des Carpathes.

Un des gîtes les plus importants est celui de Boryslaw, où le pétrole et le bitume suintent dans des argiles miocènes salifères. M. de Cotta (1) y a observé, en 1865, 2.394 puits en exploitation.

Le bitume ne se rencontre plus passé 40 mètres au-dessous du sol, tandis que le pétrole se trouve à toutes les profondeurs. Comme dans l'Amérique du Nord, le bitume paraît donc résulter de l'action exercée par l'atmosphère sur le pétrole.

Albertite.

Dans le Nouveau-Brunswick une sorte d asphalte se trouve intercalée dans le carbonifère inférieur dans lequel elle ne forme pas de couches régulières, mais des espèces d'amas. Ce combustible auquel on a donné le nom d'*albertite* ou de houille-Albert (2), était représenté par de beaux échantillons à l'Exposition universelle. Suivant M. Ch. H. Hitchcock (3), il aurait été originairement à l'état fluide, comme le pétrole par lequel il est d'ailleurs fréquemment accompagné. Le pétrole se serait durci et changé peu à peu en une substance noire, amorphe, à cassure conchoïde, ainsi que cela a lieu pour l'asphalte du groupe de Québec au Canada et pour celui que M. Manross a observé près de Huetano au Mexique.

(1) *Berg und hüttenm. Zeit.*, XXV, 53.
(2) *Revue de Géologie*, tome V, 51.
(3) *American Journal* (Sillimand et Dana), XXXIX, 267.—*Neues Jahrbuch*, von Leonhard und Geinitz, 1866, 237.

JURA. — Des combustibles fossiles appartenant à des espèces de lignites se rencontrent dans plusieurs terrains du département du Jura, et quelquefois même ils sont exploités. L'analyse de ces combustibles a donné (1) :

A Stipite ressemblant à la houille, mais s'altérant très-rapidement à l'air; des marnes irisées de Grozon.
B Stipite pur du lias de Château-Châlon.
C Stipite du jurassique moyen du Vaudioux.
D Lignite du terrain tertiaire d'Orbagna (Bresse).

	Poids spécifique.	Carbone.	Oxygène et azote.	Hydrogène.	Cendres.	Somme.
A	1,342	75,21	17,20	4,25	3,75	100,41
B	1,215	69,11	15,70	3,07	12,12	100,00
C	1,172	66,48	18,97	3,76	10,79	100,00
D	1,110	71,40	19,72	4,81	4,07	100,00

Pour ces combustibles qui sont dans des terrains différents, mais qui appartiennent à une même région naturelle et ont par conséquent été soumis aux mêmes effets d'altération et de métamorphisme, il est facile de constater que leur densité augmente avec l'âge ; relativement à leur composition, on voit de plus qu'il y a enrichissement en carbone, appauvrissement en hydrogène, oxygène et azote. Ces résultats s'accordent d'ailleurs avec ceux obtenus déjà dans d'autres régions.

Lignite.

ITALIE. — Quelques essais de lignites de l'Italie et de la Sardaigne ont donné les résultats suivants (2):

(1) Frère Ogérien : *Histoire naturelle du Jura*, t. I, p. 328.
(2) W. P. Jervis. *The mineral resources of central Italy*, 1867, 38.

	La Borasina (Gênes).	Cadibona (Gênes).	Sarzanello (Genoa) et Caniparola (Massa et Carrara).	Bagnasco et Nucetto (Cuneo).	Poggi di Ceva (Cuneo).	Monte Nerone, Piobbio (Pesaro et Urbino).	Terras de Colla et Bacu Abis (Cagliari).
Charbon.	32,55	46,5	37,68	35,4	43,85	46,3	50,50
Matières volatiles.	47,20	47,4	64,03	49,0	51,00	46,8	46,00
Cendres.	20,55	6,1	8,29	15,5	5,15	6,9	3,50
Somme. . . .	100,30	100,00	100,00	99,9	100,00	100,0	100,00

Ces lignites sont de qualité médiocre; toutefois, de même que ceux de Halle et de la Saxe prussienne, ils pourraient servir à fabriquer par distillation des huiles, de la paraffine et des bitumes.

MONTE-BAMBOLI. — Le lignite beaucoup plus connu de Monte-Bamboli est noir, bitumineux et par ses caractères se rapproche beaucoup de la houille de Newcastle. La marine impériale française l'emploie d'ailleurs pour ses bâtiments à vapeur.

D'après M. W. P. Jervis (1), le bassin de Monte-Bamboli a seulement 3 milles de tour; il présente 2 couches, l'une de 1m,30 au-dessous de laquelle il y en a une autre de 0m,65 reposant sur une brèche de l'Alberese. Ces couches sont séparées par 1m,30 d'un calcaire renfermant Dreissena Brardi. Les couches sont inclinées de 0 à 60 degrés; elles appartiennent au miocène, comme le montrent les débris de tortues et d'anthracotherium qu'on y a trouvés.

M. W. P. Jervis pense que si le lignite miocène de Monte-Bamboli présente le caractère d'une houille, cela tient à la serpentine et aux autres roches éruptives qui se trouvent dans son voisinage. Ces roches l'ont minéralisé et ont opéré sa transformation en houille à l'époque miocène; mais en même temps ses couches ont été disloquées par de nombreuses failles qui rendent malheureusement son exploitation difficile.

Houille.

M. A. Burat (2) a publié un travail sur les houillères d'après les documents réunis à l'Exposition universelle de 1867. Indépendamment des renseignements techniques sur l'exploitation, l'on y trouvera beaucoup de coupes géologiques et de faits relatifs

(1) *The mineral resources of central Italy*, 85.
(2) Les houillères en 1867.

au gisement des combustibles minéraux. Parmi les coupes, mentionnons particulièrement celles des bassins houillers de la Belgique; en France, celles de Saint-Waast-Anzin, de Brassac, de Decize, de Carmaux, de Montceau-les-Mines, de Montchanin et Longpendu, de Saint-Étienne et de Saint-Chamond, de Graissesac; en Prusse, M. Burat donne les coupes des bassins houillers de la Ruhr, de la Haute-Silésie, ainsi que de Dudweiler, de Wellesweiler, de Hednitz et de Redim aux environs de Sarrebrück.

SAÔNE-ET-LOIRE et LOIRE. — M. Charles Mène (1) a fait les analyses de quelques houilles du bassin de Saône-et-Loire et Loire. Les essais industriels portaient sur des échantillons pris sur un même étage de chaque puits.

Charbons Grangette à Saint-Étienne (Loire).

Matières volatiles. . . .	33,25	33,06	33,65	31,10	27,38	34,50	»
Coke.	61,98	62,08	62,38	67,77	58,55	61,10	»
Cendres.	4,78	4,86	3,97	1,13	14,07	4,50	»
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	»

Charbons du puits Chaptal au Creusot (Saône-et-Loire).

Matières volatiles. . . .	30,60	30,30	30,58	25,82	23,50	22,60	31,05
Coke	65,55	65,60	65,70	64,63	70,28	73,15	64,87
Cendres.	3,85	4,10	3,72	9,55	6,22	4,25	4,08
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Charbons du puits du Sud au Creusot (Saône-et-Loire).

Matières volatiles. . . .	22,62	22,58	22,63	24,05	22,00	25,52	21,08
Coke.	74,15	74,20	74,20	73,87	71,45	70,20	75,10
Cendres.	3,23	3,22	3,17	2,08	6,55	4,28	3,82
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Charbons du puits Magny à Blanzy (Saône-et-Loire).

Matières volatiles. . . .	37,82	37,84	37,68	32,55	34,05	35,85	»
Coke.	56,66	56,88	56,77	63,03	62,95	58,10	»
Cendres.	5,52	5,48	5,55	4,42	3.00	6,05	»
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	»

Les analyses élémentaires de quelques houilles du bassin de Saône-et-Loire dues également à M. Ch. Mène ont donné les résultats suivants :

(1) Lettre à M. Delesse.

A Houille du puits Chaplet à 118 mètres, grasse, à longue flamme, coke boursouflé; gros morceaux.

B Houille du puits Chaplet à 118 mètres, grasse, à longue flamme, coke boursouflé; menus.

C Houille du puits Saint-Eloi (Creusot), à 203 mètres, mi-grasse, courte flamme: gros morceaux.

D Houille du puits Saint-Eloi (Creusot), à 203 mètres, mi-grasse, courte flamme; menus.

E Houille du puits la Grille (Mont-Chanin), à 55 mètres, mi-grasse, coke peu agglutiné, longue flamme; gros morceaux.

F Houille du puits la Grille (Mont-Chanin), à 55 mètres, mi-grasse, coke peu agglutiné, longue flamme; menus.

G Houille du puits de Grangette à Saint-Étienne, grasse, longue flamme; gros morceaux.

H Houille du puits de Grangette à Saint-Étienne, grasse, longue flamme; menus.

I Houille du puits Ravez à Blanzy, mi-grasse, courte flamme; gros morceaux.

J Houille du puits de Saint-Birain (Saône-et-Loire), à longue flamme; gros morceaux.

K Houille du puits de Saint-Birain (Saône-et-Loire), à longue flamme; menus.

L Houille du puits du Sud au Creusot (grande veine), grasse, à longue flamme; gros morceaux.

M Houille du puits du Sud au Creusot (grande veine), grasse, à longue flamme; menus.

N Houille d'Epinac (Saône-et-Loire), grasse, à longue flamme; gros morceaux.

O Houille de Long-Pendu (Saône-et-Loire), mi-grasse, à longue flamme; gros morceaux.

P Houille du puits Chaussard (Creusot), demi-anthraciteuse; gros morceaux.

Q Houille du puits Chaussard (Creusot), demi-anthraciteuse; menus.

	C	H	O	CENDRES	SOMME.
A.	85,0	4,2	4,9	5,9	100
B.	82,2	5,0	10,8	3,0	100
C.	72,2	5,8	17,5	4,5	100
D.	75,9	4,2	14,9	5,0	100
E.	75,7	5,3	14,8	4,2	100
F.	77,1	4,8	10,5	7,6	100
G.	79,7	5,5	10,8	4,0	100
H.	77,2	6,0	14,0	2,8	100
I.	82,0	4,7	7,6	5,7	100
J.	70,9	5,3	17,6	6,2	100
K.	71,5	2,8	4,5	21,2	100
L.	77,0	4,7	10,8	7,5	100
M.	72,1	5,1	14,0	8,8	100
N.	79,6	10,3	4,6	5.5	100
O.	77,3	5,2	14,7	2,8	100
P.	77,9	2,5	16,8	2,8	100
Q.	80,2	2,3	14,3	3,2	100

Cannel-coal.

Parmi les diverses variétés de charbon de terre, il en est une qu'on connaît en Angleterre sous le nom de cannel-coal et qui est spécialement propre à la fabrication du gaz. M. Rofe (1) a cherché quelles pouvaient être les circonstances qui ont déterminé sa formation.

Après avoir remarqué qu'on la trouve quelquefois interstratifiée dans la houille proprement dite, il ajoute qu'on y a souvent rencontré, dans le comté de Lancastre, des restes de poissons tandis que les débris fossiles de la houille sont presque exclusivement d'origine végétale. En outre, la distillation du cannel-coal donne, dans le col des cornues, des dépôts de chlorhydrate d'ammoniaque; elle donne aussi les autres sels, sulfhydrate, sulfate et carbonate qu'on obtient dans la liqueur ammoniacale en distillant du charbon minéral.

D'après ces diverses circonstances, M. Rofe est porté à croire que le cannel-coal doit son origine à des mouvements de terrains contemporains du dépôt de la houille, et qui, en livrant accès à l'eau de mer, transformaient en marais salés les marécages d'eau douce dans lesquels se faisait le dépôt?

Anthracite.

PIÉMONT. — Les essais de quelques anthracites du Piémont ont donné les résultats suivants (2) :

	Friedaaz (Turin).	Le Cretaz, le Villaret, et Bosco della Goletta (Turin)
Charbon	49,3	48,0
Matières volatiles	10,1	13,0
Cendres	39,6	39,0
Total	99,0	100,0

Origine des carbures naturels.

M. Berthelot (3) a fait des recherches sur l'origine des carbures et des combustibles minéraux. Partant de l'hypothèse de M. Daubrée, qui admet que les métaux alcalins peuvent exister à l'état libre dans l'intérieur de la terre, comme le croyait Davy, M. Ber-

(1) *Geol. Mag.*, III, 208.
(2) W. P. Jervis. *The mineral resources of central Italy*, 1867, p. 88.
(3) *Comptes rendus*, 23 avril 1866.

thelot suppose que l'acide carbonique, s'infiltrant à travers l'écorce terrestre, vienne en contact avec les métaux alcalins. Dans ce cas, l'acide carbonique donnera naissance à des acétylides; mais ceux-ci, sous l'action de la vapeur de l'eau, produiront de l'acétylène libre et l'acétylène ne pouvant continuer à exister sous ces conditions, on obtiendra à sa place les produits de sa condensation, c'est-à-dire les bitumes, le goudron, le pétrole, etc. Ces carbures naturels auraient donc ainsi une origine purement minérale.

La présence des carbures dans les déjections des volcans et surtout dans les météorites tend d'ailleurs à confirmer cette théorie(1). Toutefois la houille et les combustibles minéraux proprement dits étant formés de débris organiques dont l'existence est revélée par le microscope, la théorie ne saurait leur être appliquée.

Roches diverses.

Eaux.

Les limites de cette Revue ne permettant pas de résumer les nombreuses recherches faites sur les eaux, nous en mentionnerons seulement quelques-unes qui offrent un intérêt spécial, renvoyant pour les autres au compte rendu de chimie de MM. Heinrich Will et Engelbach.

DHUIS.— Sur la demande de M. le baron Haussmann, Préfet de la Seine, M. Poggiale (2) a fait l'analyse chimique de l'eau de la Dhuis qui vient d'être amenée à Paris.

Cette eau que M. Poggiale a puisée lui-même à la source, est légèrement opaline; mais par le repos elle devient limpide et incolore. Sa saveur est agréable, fraîche et pénétrante. Sa température, prise à la source même, est de 13 degrés centigrades.

Elle dissout bien le savon, bleuit légèrement le papier rouge de tournesol, se trouble par l'ébullition et laisse dégager de l'air ainsi que beaucoup d'acide carbonique. M. Poggiale a d'abord déterminé, à l'aide de l'hydrotimètre, le degré de l'eau de la Dhuis, et voici les résultats qu'il a obtenus:

	degrés.
Source de la rive gauche	23,50
Source de la rive droite	24,33
Source du centre	24,00
Mélange des trois sources	24,00

(1) Delesse. *De l'azote et des matières organiques dans l'écorce terrestre.*
(2) Lettre de M. Poggiale à M. Delesse.

Composition de l'eau de la Dhuis pour 1.000 centimètres cubes d'eau.

	c. c.
Acide carbonique libre ou provenant des bicarbonates.	29,46
Azote.	14,78
Oxygène.	5,00
Total.	49,24

Principes fixes pour 1.000 grammes d'eau.

	gr.
Carbonate de chaux.	0,209
Carbonate de magnésie.	0,024
Carbonate de soude.	0,010
Carbonate de fer et d'alumine.	0,002
Sulfate de chaux.	0,001
Chlorure de sodium.	0,009
Azotates de soude et de potasse.	0,013
Silicate alcalin.	0,014
Ammoniaque.	0,000
Iodure alcalin.	traces.
Matières organiques.	traces.
Eau combinée et perte.	0,011
Total.	0,293

Le bicarbonate de chaux forme, comme on le voit, les trois quarts environ des principes fixes; c'est une condition heureuse au point de vue hygiénique, puisque l'eau de la Dhuis doit servir à la boisson des habitants de Paris.

Saint-Cyr.—L'eau potable qui alimente l'école de Saint-Cyr, a été également analysée par M. Poggiale dans le but de vérifier quelle en était la qualité.

Elle provient de plusieurs sources qui prennent naissance sur les argiles à meulières de Beauce et sont recueillies dans des aqueducs souterrains construits en maçonnerie. Ces aqueducs dont le parcours est d'environ 2.800 mètres, longent le pied du plateau de Saint-Cyr et contournent un terrain marécageux qu'on nomme le marais de l'abîme.

L'eau qu'ils fournissent est limpide, incolore, sans odeur et d'une saveur agréable. Sa température est de 10 degrés centigrades. En déterminant, à l'aide de l'hydrotimètre, le degré de cette eau, on l'a trouvé égal à 24°,50 dans trois expériences.

Gaz dans 1.000 centimètres cubes d'eau.

	c. c.
Acide carbonique (libre ou provenant des bicarbonates).	32,47
Azote.	16,21
Oxygène.	6,46
Total.	55,14

Substances fixes dans 1.000 grammes d'eau.

CaO,CO^2	MgO,CO^2	CaO,SO^3	$(Ca,Mg,Na)Cl^2$	SiO^2, Al^2O^3, Fe^2O^3	$(NaO,KO) AzO^5$	AzH^3	Matières organiques.	Perte.	Somme.
$0^{gr},148$	0,010	0,049	0,082	0,026	Traces sensibles.	0,000	Traces.	0,002	$0^{gr},317$

L'eau de source de Saint-Cyr est donc de bonne qualité et même préférable à celle des réservoirs de Marly; il n'y aurait pas avantage à la remplacer par de l'eau qui serait puisée, comme à Marly, dans la Seine.

Eaux minérales.

NÉRIS.— D'après M. J. Lefort (1) les gaz dégagés par la source César à Néris, dont la température est de 54 degrés, présentent la composition suivante :

Azote.	Acide carbonique.	Somme.
87,74	12,26	100,00

De même que dans les eaux venant d'une grande profondeur, on peut y remarquer l'absence d'oxygène, ce qui doit sans doute être attribué à ce que ce gaz a été enlevé par une longue circulation souterraine dans laquelle il a rencontré des matières oxydables.

COURS. —M. Ch. Mène (2) a fait l'analyse d'une eau minérale qui se trouve à Cours (Rhône) à 8 kilomètres de Thisy. La source sort d'un massif de porphyre dont le sommet est recouvert de gore ou de grès schisteux : il y a près de là un filon de quartz très-pyriteux dont certaines parties sont désagrégées. M. Mène pense que ce filon donne naissance aux éléments minéralisateurs de cette eau. La source n'est pas thermale.

Voici quels sont les résultats obtenus par M. Mène :

		c. c.	
Gaz...	Acide carbonique.	0,100	20,8
	Azote.	0,090	
	Oxygène.	0,018	

(1) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Th. Engelbach, 1000. 1866.— J. Pharm [4], III, 321.

(2) *Géologie du département du Rhône*, par M. Ch. Mène.

Il y a aussi de l'hydrogène sulfuré évalué à 0gr,0015.

Le résidu d'évaporation d'un litre d'eau a donné un dépôt pesant 0gr,162, qui se composait de :

	gr
Peroxyde de fer	0,058
Chlore	0,013
Acide sulfurique	0,003
Matières organiques	0,015
Silice, alumine	0,022
Soude et perte	0,051
Somme	0,162

A l'hydrotimètre cette eau marquait 5°,5.

Dans une seconde analyse faite plusieurs mois après la première, M. Mène a obtenu :

		c. c.	
Gaz	Peroxyde de fer	0,150	32,0
	Azote	0,160	
	Oxygène	0,150	
	Hydrogène sulfuré	0gr,0018	

Le résidu d'évaporation a donné pour un litre 0gr,153 composé de :

	gr.
Acide carbonique	0,038
Chlore	0,012
Acide sulfurique	0,008
Chaux	0,005
Matières organiques	0,028
Silice, alumine	0,017
Alcalis	0,042
Perte	0,003
Somme	0,153

On voit, d'après ces analyses, que l'eau minérale de Cours présente des variations assez sensibles dans la proportion des gaz et des substances minérales qu'elle renferme.

FUMADES.— L'eau minérale sulfureuse des Fumades a été analysée par M. A. Béchamp (1).

Cette eau est fournie par plusieurs sources qui sont situées près du village des Fumades, dans l'arrondissement d'Alais. D'après les observations de M. Émilien Dumas, elles sortent des calcaires lacustres éocènes, dont les couches sont couvertes par des argiles alluviales et détritiques récentes qui forment le fond de la vallée de l'Alauzenne.

(1) *Comptes rendus*, t. LXII, p. 1088. Paris, 1866.— *Journal de pharmacie et de chimie*, 4e série, III, 448. Juin 1866.

Les terrains desquels elles jaillissent sont bitumineux. Elles sont nombreuses, mais les plus abondantes et les plus récemment découvertes sont les sources Augustine, Étienne et Thérèse.

L'eau de la source Thérèse a été spécialement examinée par M. A. Béchamp. Sa température à l'émergence est de 14 degrés. Son odeur est sulfhydrique très-prononcée. Des bulles de gaz se dégagent par intervalles de l'eau qui jaillit en bouillonnant. Sa densité est à 15 degrés, de 1.00245.

Les substances qu'elle contient sont dans 1 litre :

Acide sulfhydrique	0,0415	Magnésie	0,1552
Acide carbonique	0,3332	Protoxyde de fer	0,0006
Acide silicique	0,0337	Protoxyde de manganèse	traces.
Acide sulfurique	0,3233	Alumine	0,0052
Acide hyposulfureux	0,0095	Glucine	traces.
Chlore	0,0045	Oxyde de cuivre	traces.
Potasse	0,0010	Matière organique bitumineuse	indéterminée.
Soude	0,0156		
Ammoniaque	traces	Azote	13 c.c.
Chaux	0,8944		

Vergèze. — M. A. Béchamp (1) a également étudié l'eau minérale de Vergèze.

Les sources de cette eau minérale sont situées dans le département du Gard, entre Nîmes et Montpellier, à une petite distance de la station du village de Vergèze. D'après M. Émilien Dumas elles traversent le terrain néocomien et arrivent à la surface à travers une première couche d'argiles subapennines et une seconde couche de sables subapennins recouverts de diluvium alpin.

1° Source Dulimbert ;

1 litre contient :

Acide carbonique	2,290	Oxyde de manganèse	traces
Acide sulfurique	0,043	Peroxyde de fer	0,00[illegible]
Acide silicique	0,022	Alumine	0,001
Chlore	0,017	Oxyde de cuivre	0,000
Potasse	0,002	Arsenic	traces
Soude	0,016	Matières organiques	0,003
Chaux	0,522	Azote	3^{cc},7
Magnésie	0,014	Oxygène	0^{cc},9

La saveur de cette eau est légèrement bitumineuse et acide ; sa température varie de 16 à 17 degrés ; sa densité est 1,0014.

(1) *Comptes rendus*, t. LXII, p. 1034. Paris, 1866. — *Journal de pharmacie et de chimie*, 4e série, III, p. 444. Juin 1866. — *Bulletin de la Société chimique de Paris*, 9. Juillet 1866.

2° Sources Granier et des Bouillants :

M. A. Béchamp (1) a encore analysé les eaux des sources des Bouillants et Granier.

Ces eaux sont froides ; elles contiennent de notables quantités d'acide acétique et d'acide butyrique. La densité de la source des Bouillants est de 1,0008 à 18 degrés ; celle de la source Granier est de 1,0014 à 17 degrés.

Voici leur composition rapportée à 1000 centimètres cubes :

	Source des Bouillants.	Source Granier.
Acide carbonique	1,600	1,400
— sulfurique	0,036	0,124
— silicique	0,022	0,022
— butyrique / — acétique	0,0022	0,0024
Chlore	0,0328	0,0306
Potasse	0,0028	0,0027
Ammoniaque	0,0040	traces
Soude	0,0303	0,0241
Chaux	0,2950	0,4490
Magnésie	0,0100	0,0140
Oxyde de manganèse	traces	traces
Protoxyde de fer	0,0082	0,0059
Alumine	0,0008	0,0011
Oxyde de cuivre / Arsenic	non décélables dans 25 litres.	
Matières organiques	0,1200	0,0800 (*)
Azote	5cc,5	
Oxygène	2cc,4	

(*) De ce poids doit être retranché celui des acides organiques.

L'eau minérale de Granier donne un dépôt d'une matière pulvérulente grise, dans laquelle se distinguent un nombre considérable de corpuscules mobiles qui paraissent identiques avec ceux que l'on rencontre dans la craie.

Ce dépôt qui est de 0g,4 par litre renferme :

(1) *Comptes rendus*, t. LXIII, p. 559. Paris, 1866.—*Bulletin de la Société chimique de Paris*, 159. Février 1867.

Carbonate de chaux	15,9
Carbonate de magnésie	0,2
Sulfure de fer	traces
Protoxyde de fer	0,4
Peroxyde de fer	1,2
Alumine	1,0
Silice soluble	0,1
Oxyde de cuivre	traces
Argile, sable, matières organiques insolubles	80,5
Eau et perte	0,7
	100,0

Ayant introduit le dépôt de la source Granier dans de l'eau créosotée, M. Béchamp a constaté que la fermentation s'établit rapidement. Les gaz qu'elle fournit sont :

Acide carbonique	21
Hydrogène	79
	100

La liqueur contenait d'ailleurs des acides lactique, butyrique et acétique.

M. Béchamp conclut de ces faits que les microzyma sont la cause de la formation des acides gras contenus dans ces eaux et que l'aliment qu'ils consomment est la matière organique, sans doute d'origine géologique, qu'ils y trouvent.

Vienne. — L'eau du puits artésien foré dans la gare du chemin de fer de Vienne à Raab contient en volumes 4 de gaz sur 100 d'eau.

D'après des analyses de MM. J. Oser et Fr. Reim (1), voici quelle est la composition de ces gaz, abstraction faite de l'acide carbonique qui est à demi-combiné:

Gaz des marais.	Hydrogène.	Azote.
74,1	1,3	24,0

Vöslau. — D'après MM. H. Siegmund et P. Juhász (2) les gaz

(1) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und F. Engelbach, 1866, 994. — Wien. *Acad. Ber.*, LIV (2 abth), 29.

(2) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und F. Engelbach, 1866, 996. — *Wien. Acad. Ber.*, LIV (2 abth), 216.

contenus dans l'eau minérale de Vöslau, sur le bord oriental des montagnes du Wienerwald, sont ainsi composés :

A Gaz se dégageant naturellement.
B Gaz se dégageant par l'ébullition.

	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.
A. . .	1,79	3,38	94,83
B. . .	44,14	12,37	43,49

Driburg. — L'eau minérale de Driburg qui tient en suspension un schlamm renfermant du soufre, est utilisée pour prendre des bains. Son analyse a été faite par M. R. Fresenius qui a obtenu les résultats suivants :

A Schlamm à l'état humide.
B Schlamm desséché à 125 degrés.

	Eau.	Substances inorganiques.	Substances organiques non volatiles.	HS, CO^2, C^2H^4	Somme.
A	18,8	15,9	2,3	petite quantité.	100,0

B

(a) *Soluble dans l'eau.*		(b) *Insoluble dans l'eau.*	
KO, SO^3	0,50	SiO^2	18,81
NaO, SO^3	1,69	Al^2O^3	8,26
$NaCl$	0,10	Fe^2O^3	2,46
MgO, SO^3	1,95	Mn^2O^3	traces.
NH^4O, SO^3	0,28	FeS^2	4,91
$Al^2O^3, 3SO^3$	0,18	Soufre soluble dans le sulfure de carbone	0,27
FeO, SO^3	traces	Soufre insoluble dans le sulfure de carbone	25,85
NaO, NO^5	traces	$3CaO, PO^5$	2,15
SiO^2	0,22	CaO (combinée à l'acide humique)	73,02
Matière organique	2,35	MgO (combinée à l'acide humique)	4,17
CaO, SO^3	19,67	Substance grasse et céreuse	3,71
CaO (combinée à l'acide humique)	0,44	Substance résineuse	4,85
		Acide humique	344,46
		Humine, etc.	479,70
		Sommes	1.000,00

(1) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Th. Engelbach, 1866, 989, 990. — *J. pr. Chem.*, XCVIII, 321.

Eaux des mers.

Mer Rouge. — L'eau de la mer Rouge a été analysée par MM. Robinet et J. Lefort (1) qui ont obtenu les résultats suivants pour 1 litre :

	grammes.
Acide chlorhydrique	23,43
Acide sulfurique	2,88
Acide bromhydrique	0,05
Acide carbonique	traces
Soude	18,82
Potasse	1,82
Ammoniaque	traces
Chaux	0,73
Magnésie	2,62
	50,35

Sauf une minéralisation un peu plus élevée, l'eau de la mer Rouge présente la plus grande analogie avec celles de la Méditerranée et de l'Océan : on va voir, au contraire, qu'elle s'éloigne tout à fait de l'eau de la mer Morte ; par conséquent l'on doit rejeter l'hypothèse d'une communication quelconque, du moins à l'époque actuelle, entre la mer Morte et la mer Rouge ou la Méditerranée.

Mer Morte. — Dans l'exploration de la mer Morte faite, en 1864, sous la direction du Duc de Luynes, M. Louis Lartet a puisé au moyen d'un instrument particulier des eaux se trouvant à différentes profondeurs et aussi sur plusieurs points du bassin. Ces eaux ont ensuite été analysées par M. Terreil (2).

A Mer Morte près Ras Dale.
B Lagune au nord de Sodôme.
C Au nord près de l'Ile.
D Au nord, à 5 milles à l'est de Wady Mrabba.
E Près Ras Mersed.
F A 5 milles à l'est de Ras Feschkah.
G *Id.*
H A 5 milles à l'est de Wady Mrabba.

(1) *Journal de pharmacie et de chimie*, 4e série, III, 241. 1866.
(2) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Th. Engelbach, 1866, 985, 986. — *Comptes rendus*, LXII, 1329.

	PROFONDEUR en mètres.	DENSITÉ à 18 degrés.	Substances fixes	Cl	Br	SO^3	Mg	Ca	Na	K	Somme (1).
A	surface	1,0216	27,078	17,628	0,167	0,202	4,197	2,150	0,885	0,474	25,709
B	surface	1,0375	47,683	29,826	0,835	0,676	3,470	4,481	7,845	0,779	47,912
C	surface	1,1617	205,789	126,521	4,568	0,494	25,529	9.094	22,406	3,547	192.153
D	20	1,1877	204,311	145,543	3,204	0,362	29,881	11,472	13,113	3,520	207,095
E	42	1.2151	260,994	165,443	4,834	0.447	41,004	3,693	24,786	2,421	242,628
F	120	1,2225	262,648	166,340	4,870	0,451	41,306	3,704	25,071	3,990	245,732
G	200	1,2300	271,606	170,423	4,385	0,459	42,006	4,218	25,107	4,503	251,101
H	300	1,2563	278,135	174,985	7,093	0,523	41,428	17,269	14,300	4.386	259,984

(1) Il existe en outre des traces d'acide carbonique, d'hydrogène sulfuré, d'ammoniaque, d'alumine, de silice et de matières organiques.

La composition du résidu d'évaporation laissé par l'eau du Jourdain a d'ailleurs donné sur $0^g,873$:

Cl	SO^3	NaO	CaO	MgO	KO	SiO^2 (1)	Substances organiques.	Substances non déterminées.	Somme.
0,425	0,034	0,229	0,060	0,065	traces	traces	traces	0,060	$0^{gr},873$

(1) Avec de l'argile et de l'oxyde de fer.

De ses analyses, M. Terreil conclut que l'eau de la mer Morte n'a pas partout la même composition, et l'on peut même reconnaître qu'elle offre des différences très-grandes.

L'eau des lagunes au nord de Sodôme contient, proportionnellement, plus de chlorure de sodium que de chlorure de magnésium ; c'est pourquoi de petits poissons peuvent y vivre.

Le rapport des substances contenues dans l'eau de la mer Morte reste à peu près le même, seulement le brome paraît augmenter dans la profondeur. L'iode, le lithium, le coesium, le rubidium n'y ont pas été trouvés.

Constatons maintenant que dans la mer Morte la densité augmente beaucoup avec la profondeur.

D'après Forchhammer, dans le fond de l'Océan la densité va tantôt en augmentant et tantôt en diminuant (1). L'on conçoit, en effet, que la circulation de l'eau y soit très-complexe, puisqu'elle dépend des vents, ainsi que de la température de l'eau qui varie

(1) *Revue de Géologie*, II, 35.

beaucoup de l'équateur au pôle. Dans la mer Morte au contraire la température reste la même sur toute la surface; comme elle est élevée elle donne lieu à une évaporation active qui concentre les sels dans les couches inférieures, et d'un autre côté le refroidissement de ces mêmes couches tend à augmenter leur salure ainsi que leur densité, et à leur faire gagner le fond.

Phosphorite.

SANDY. — Un nouveau gisement de nodules phosphatés a été signalé dans le grès vert inférieur de Sandy, en Angleterre, par M. Brodie (1). Ces nodules se trouvent dans un système de sables jaunes et bruns très-ferrugineux : ils empâtent des fossiles très-roulés et déformés, qui paraissent tous appartenir à des espèces remaniées fournies par les argiles d'Oxford ou de Kimmeridge.

Leur analyse, faite par M. Voelcker, a donné les résultats suivants :

	CaO	MgO Al^2O^3	FeO	PO^5	CO^2	SiO^2	HO	Somme.
Nodules criblés. .	32,73	6,64	8,06	22,30	3,06	21,93	5,17	100,66
Nodules lavés d'un autre gisement.	26,60	4,51	20,61	15,12	2,18	25,23	5,07	100,00

NASSAU.— Des gisements extrêmement importants de phosphorite ont surtout été découverts dans ces derniers temps sur les bords de la Lahn et de la Dill dans l'ancien duché de Nassau.

D'après M. Stein (2), aux environs de Staffel, cette phosphorite forme des rognons qui recouvrent de la dolomie décomposée ou du calcaire appartenant au terrain devonien; elle constitue aussi le ciment de certaines brèches, car ses veines serpentent à travers les couches de la dolomie.

Sa couleur est blanche, jaune, grise, brune, le plus souvent brun jaunâtre. Une analyse de la variété jaune brunâtre de Staffel dont la densité est de 2,991, a été faite par M. Forster dans le laboratoire de M. Fresenius :

(1) *Geol. Mag.*, III, 153.
(2) *Neues Jahrbuch*, 1866, 716. — Extrait d'un rapport adressé à M. le Ministre des affaires étrangères par M. Tolhausen, consul de France à Cologne.

CaO	MgO	Fe^2O^3	Al^2O^3	KO	NaO	PO^5	CO^2	SiO^2	Fl	HO	Somme.
45,79	0,16	6,42	1,08	0,58	0,42	34,48	1,51	4,83	3,45	2,45	101,17

La phosphorite est d'ailleurs encroûtée par une substance verte, transparente, qui s'est déposée en concrétions ou en grappes offrant, comme les stalactites, une structure concentrique et rayonnée. Cette substance, dont voici la composition, dérive visiblement de la phosphorite, mais elle en est cependant bien distincte; et, d'après la localité dans laquelle elle se trouve, M. Stein propose de lui donner le nom de *Straffelite*.

Phosphate de chaux tribasique	85,10
Phosphate de sesquioxyde de fer	0,07
Phosphate d'alumine	0,06
Carbonate de chaux	7,25
Fluorure de calcium	6,26
Eau	1,40
Somme	100,14

Le prix de la phosphorite moulue, d'une richesse de 28 à 32 p. 100 d'acide phosphorique, est à Cologne de 6f,25 le quintal. On l'exploite sur une très-grande échelle pour les besoins de l'agriculture.

C'est dans les districts Fusshohl et Weissentein du canton de Staffel, que la phosphorite est particulièrement abondante. Ordinairement elle est recouverte par de l'argile plastique; elle présente des nids allongés et peu distants l'un de l'autre, qui sont sur le calcaire dolomitique à Stringocéphales ou bien sur la dolomie du terrain dévonien. Leur puissance atteint moyennement 1m,30 à 2 mètres.

A Dexertgraben, la phosphorite est recouverte par du spilite (Schalstein). A Beselich Kopf près Obertiefenbach, son gisement est très-curieux, car elle se montre en filons qui traversent des roches de palagonite.

C'est en recherchant du minerai de fer, que M. V. Meyer a découvert la phosphorite du Nassau.

M. Stein pense qu'elle s'est formée par un lavage des roches encaissantes; on sait, du reste, que beaucoup de minerais de fer ou de manganèse ont la même origine.

Giobertite.

SILÉSIE. — Sur la seigneurie Grochau près de Wartha dans la Silésie, l'on a trouvé un gîte étendu et facilement exploitable de

giobertite compacte (1). D'après l'analyse qu'en a faite M. le docteur H. Dullo, voici quelle est sa composition :

MgO, CO^2	SiO^3, Fe^2O^3	HO	Somme.
96,6	1,1	2,3	.

La pureté de ce carbonate de magnésie permettrait de l'employer à différents usages industriels et particulièrement comme minerai de magnésie; ainsi en le traitant par de l'acide sulfurique, l'on pourrait préparer simultanément du sulfate de magnésie et de l'acide carbonique. On pourrait s'en servir aussi pour fabriquer des ciments à base de magnésie ou d'oxychlorure de magnésium (2).

On sait, du reste, qu'il existe également des gîtes de giobertite facilement exploitables en Grèce et au Canada.

Roches calcaires.

Marbres.

ALPES-APUENNES. — La densité de différents marbres des Alpes-Apuennes a été déterminée par M. Repetti (3).

Ces marbres proviennent des carrières célèbres de Carrare, de Massa, de Serravezza. Les opérations ont été faites à la température de 8° R.

MARBRES				
	Statuaire.		Blanc ordinaire.	
Carrare...	Polvaccio	2,631	Ravaccione	2,597
	Mossa	2,598	Fossa dell' Angiolo	2,594
	Zampone	2,587	Canal Bianco	2,589
	Betogli, une année après l'exploitation	2,586	Fantiscritti	2,584
	Betogli, trois années après l'exploitation	2,581	**Bardiglio.**	
	Poggio Silvestro	2,581	Zampone	2,689
	Crestola	2,580		
Massa....	Rochetta	2,595	**Madri-Macchie.**	
	Saineto	2,593		
Serravezza.	Monte Altissimo	2,584	Zampone	2,644

(1) Exposition universelle de 1867.

(2) M. Delesse : *Rapport sur les matériaux de construction de l'Exposition universelle de* 1867.

(3) W. P. Jervis. *The mineral resources of central Italy*, 1867, p. 15.

La densité du marbre blanc statuaire présente des variations assez sensibles; car, dans les Alpes-Apuennes, elle passe de 2.581 à 2.631, accusant ainsi des différences qui s'élèvent à 5 centièmes. Ce résultat peut d'ailleurs tenir, soit à quelques substances mélangées au marbre, soit encore à son état d'agrégation.

Il semblerait aussi d'après l'essai fait sur le marbre statuaire de Betogli que la densité de ce marbre peut diminuer d'un demi-centième par l'exposition à l'air.

JURA. — M. Charles Mène (1) a analysé les principaux marbres du Jura, qui lui ont été remis par la Société d'émulation de ce département afin de compléter les descriptions géologiques du Frère Ogérien sur l'histoire naturelle du Jura. Voici les résultats obtenus :

A	Marbre	violacé	de l'étage	ferrugineux du	néocomien;	Moltinges.
B	—	jaune	—	—	—	—
C	—	jaune gris	—	oolithique	inférieur;	Moissard.
D	—	jaune clair	—	—	—	—
E	—	rosé	—	—	supérieur;	Saint-Amour.
F	—	jaunâtre	—	—	—	—
G	—	violacé	—	—	—	—
H	—	rougeâtre	—	—	inférieur;	—
I	—	jaune foncé	—	jurassique	—	Crans.
J	—	jaune clair	—	—	—	—
K	—	violacé	—	néocomien	—	Chassal.
L	—	gris	—	jurassique	supérieur;	Saint-Ylie.
M	—	rougeâtre	—	—	—	—
N	—	rouge	—	—	—	—
O	—	bleuâtre	—	oolithique	inférieur;	Couzance.
P	—	jaune foncé	—	—	—	—
Q	—	jaune clair	—	—	—	—
R	—	blanchâtre	—	jurassique	moyen;	Villette-Cornod.
S	—	jaunâtre	—	—	—	—
T	—	rose	—	néocomien	moyen;	Pratz.
U	—	rouge	—	oolithique	supérieur;	Damparis.
V	—	violet	—	—	—	—
X	—	jaunâtre	—	—	—	—
Y	—	jaune clair	—	—	inférieur;	Nantey.
Z	—	jaune foncé	—	—	moyen;	—
Z'	—	chocolat	—	—	supérieur;	Rotalier.
Z''	—	gris	—	—	—	—

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1866.

	Densité.	CaO	CO^2	FeO	Fe^2O^3	Argile.	Eau	Matières organiques	Somme.
A	2,788	55,0	43,3	»	0,5	0,4	0,6	»	99,8
B	2,753	55,1	43,7	»	0,2	0,5	0,4	»	99,9
C	2,724	53,6	42,7	»	0,7	2,0	0,2	0,6	99.8
D	»	54,0	42,6	»	0,5	1,5	0,5	0,3	99,4
E	2,755	54,2	42,6	»	0,9	1,0	0,8	»	99,5
F	2,739	54,0	43,0	»	0,9	1,2	0,6	»	99,7
G	2,802	52,8	42,6	»	1,0	2,5	0,5	»	99,4
H	2,748	53,6	43,0	»	0,5	2,1	0,4	»	99,5
I	3,005	51,0	40,5	»	2,2	5,0	0,8	0,3	99,8
J	3,102	50,5	40,0	»	1,8	6,5	1,0	0,2	100,0
K	2,785	54,7	48,0	»	0,5	1.0	0,5	0,2	99,9
L	3,000	54,0	42,1	»	1,0	1,7	0,5	0,2	99,5
M	2,975	53,6	41,6	»	1,2	3,0	0,6	»	100,0
N	2,765	52,0	41,0	»	1,7	3,3	1,0	0,5	99,5
O	2,685	51,0	40,1	»	1,7	5,5	0,7	0,5	99,5
P	2,595	51,8	40,0	»	1,0	5,8	0,9	0,2	99,7
Q	2,677	50,5	39,7	»	0,7	7,6	1,5	»	100,0
R	2,805	54,5	43,0	»	0,5	1,7	0,2	»	99,9
S	2,782	54,0	42,8	»	»	2,0	0,7	»	99,5
T	2,910	53,2	42,5	»	0,5	2,5	1,0	0,1	99,8
U	2,617	94,0	41,5	0,5	0,5	3,0	1,7	0,2	99,9
V	2,700	93,3	40,2	1,0	0,3	3,2	1,5	0,2	99,5
X	2,685	93,5		0,5	»	3,0	2,0	»	99,6
Y	2,610	52,0	»	»	1,0	3,5	2,0	»	100,0
Z	2,683	52,5	»	»	2,0	3,0	1,8	»	99,5
				»					
Z'	3,080	95,0		»	2,0	2,0	0,5	»	99,5
Z''	3,682	80,7		»	1,7	15,0	1,5	0,8	99,7

Tous ces marbres du Jura sont formés par un carbonate de chaux bien compacte contenant moins de 2 pour 100 d'oxyde de fer et au plus quelques centièmes de résidu argileux.

Le plus remarquable des marbres du Jura est celui de Crans qui se distingue par une belle couleur jaune parsemée de veines parallèles et de nœuds, ce qui lui donne l'apparence du bois de frêne (1).

Les carrières les plus importantes par leur exploitation sont celles de Molinges, de Saint-Amour, et surtout de Belvoie et de Saint-Ylie.

Les calcaires jurassiques susceptibles d'être employés comme marbres paraissent se trouver surtout dans les parties où les couches ont éprouvé des compressions et des dislocations.

Exposition universelle. — Lorsqu'un calcaire est compacte et susceptible de recevoir le poli, lorsqu'il présente des couleurs vives et des dessins d'un aspect agréable, lorsqu'en outre, il se laisse exploiter en dalles qui sont bien exemptes de fissures, il peut

(1) Frère Ogérien : *Histoire naturelle du Jura*, t. I, p. 290.

être employé comme marbre. On conçoit d'après cela que les marbres soient assez communs dans la nature et qu'il y en ait pour ainsi dire dans tous les pays. Tel est en effet l'enseignement qui ressortait de l'examen des marbres de l'Exposition Universelle de 1867. Non-seulement ils se montraient en collections très-nombreuses, mais encore ils provenaient des contrées les plus diverses : l'Australie, le Canada, l'Amérique en offraient même qui rivalisaient avec ceux de l'ancien monde.

Généralement, l'on en rencontre beaucoup dans les pays de montagnes et particulièrement dans ceux qui sont occupés par les terrains métamorphiques, gisement le plus habituel des calcaires cristallins.

Toutefois, bien que les échantillons propres à figurer dans une collection soient innombrables, c'est seulement dans des circonstances exceptionnelles qu'on trouve des marbres réunissant la richesse de tons et les qualités qui les font rechercher par les constructeurs, formant des gîtes puissants, d'une exploitation et d'un accès faciles, situés en outre à proximité de la mer ou du moins de grandes voies de communication.

Si l'on considère, par exemple, le marbre blanc statuaire, l'on reconnaît que malgré l'abondance dans la nature des calcaires blancs et saccharoïdes, le gisement de Carrare est jusqu'à présent unique et conserve, depuis les Romains, le privilége de pourvoir presque seul à la consommation du monde entier.

Il faut dire aussi que les marbres exploités par les anciens sont naturellement plus connus et, par suite, plus recherchés que les nouveaux, leur emploi dans les monuments de l'antiquité leur constituant en quelque sorte des titres de noblesse.

La France possède quelques marbres à couleurs vives et harmonieuses qui jouissent d'une grande notoriété et ne se retrouvent pas dans d'autres gisements. Tels sont certains marbres des Vosges, des Alpes et surtout des Pyrénées. D'autres, comme ceux de Boulogne et du Jura, sont au contraire remarquables par leur compacité, leur résistance à l'écrasement et leurs bonnes qualités comme matériaux de construction. Ces derniers sont exploités régulièrement et sur une grande échelle, en sorte qu'ils peuvent être livrés à des prix très-bas.

Quant aux marbres de luxe, ils sont exploités seulement d'une manière intermittente, et leurs prix sont, par cela même, plus élevés. Le défaut d'entretien des chemins et des carrières peut même conduire à l'abandon complet des marbres les plus renommés ; c'est malheureusement ce qui vient de se produire pour un

marbre classique et en quelque sorte national, auquel le palais de Versailles doit une partie de sa splendeur, le marbre de Campan.

— L'Algérie possède un marbre d'une beauté exceptionnelle, l'onyx calcaire d'Aïn Tekbalet dans la province d'Oran. En outre, une variété de cet onyx qui est jaune, transparente et imprégnée d'hydroxyde de fer a été signalée récemment près de Nedroma.

On sait du reste que ce marbre onyx existe également au Mexique, et l'Exposition en montrait aussi des échantillons qui provenaient du village de Van dans la province d'Erzeroum en Turquie.

En outre le marbre onyx s'exploite dans les possessions russes du Caucase; dans ce dernier gisement il est même remarquable par sa blancheur ainsi que par sa translucidité et il peut être obtenu en dalles qui sont fort belles.

— Les autres marbres les plus importants de l'Algérie sont d'après M. Ludovic Ville les marbres brèches de la Pointe Pescade, du Chenouah, des environs de Fondouck, du cap Matifou. Ajoutons-y le marbre blanc du Felfela, les marbres du fort Génois et de l'Oued-el-Aneb près Bone.

— Parmi les autres pays qui avaient envoyé à l'Exposition les collections de marbres les plus remarquables, nous mentionnerons encore l'Italie, qui reste absolument sans rivale pour le marbré blanc; la Grèce, qui possède le marbre rouge antique retrouvé à Pérahora, en Laconie, mais dont les richesses minérales sont inexploitées; le Portugal, qui avait réuni une très-belle série de marbres, sur le gisement et sur le travail desquels M. de Neves Cabral a publié les renseignements les plus précis(1); la Belgique, dont les marbres bien connus, sont largement importés en France; la Prusse, qui exploite en Silésie, et surtout en Westphalie, des marbres livrés au commerce à un taux très-bas; l'Autriche, qui montrait un marbre rouge marron et du Salzbourg appartenant au trias, fournissant des dalles de la plus grande dimension; l'Espagne, très-riche en marbres, comme tous les pays de montagne; l'Australie, l'Uruguay, le Canada et les Etats-Unis de l'Amérique du Nord.

Calcaire siliceux.

Irlande. — On sait que les calcaires lacustres ou marins contiennent souvent une certaine quantité de silice; or dans plusieurs calcaires marins cette silice est à l'état de polypiers dont la présence ne se révèle pas toujours dans la roche fraîchement extraite.

(1) De Neves Cabral. *Catalogue français de l'Exposition du Portugal.*

Ainsi M. Brady (1), en examinant les rebuts d'une fabrique de produits chimiques, a reconnu que du calcaire carbonifère d'Irlande qu'on avait essayé de traiter pour acide carbonique, donnait dans l'acide chlorhydrique des résidus trop considérables pour que ce traitement fût avantageux ; et ces résidus consistaient en polypiers silicifiés, tels que Syringopora geniculata, Michelinia megastoma, Lithostrotion Phillipsii, Zaphrentis caryophylloïdes.

SAUZET. — On exploite à Sauzet (Drôme), une carrière de chaux hydraulique qui offre la plus grande analogie avec la chaux siliceuse du Theil si renommée pour sa résistance à l'eau de mer.

L'analyse d'un échantillon de cette chaux, récemment calcinée, a donné à MM. Hervé Mangon et L. Durand-Claye les proportions suivantes :

CaO. . . 77,38 ; — MgO. . . 0,73 ; — Al^2O^3 et Fe^2O^3. . . 1,62 ;
SiO^2. . . 20,27 ; — Somme. . . 100,00.

De même que la Gaize et le calcaire néocomien du Theil, celui de Sauzet, qui fournit cette chaux, est caractérisé par la présence de silice qui s'y trouve disséminée.

Limon calcaire.

AIN. — Le limon transporté par la rivière l'Ain a été analysé (2) ; voici sa composition à l'époque des basses eaux (I) et des hautes eaux (II).

	Carbonate de chaux.	Sulfate de chaux.	Chlorures.	Azotate.	Silice et alumine.	Matières organiques.	Somme.
I	65	2	1	traces.	27	1,0	96,0
II	69	0,8	1	traces.	25,5	0,2	96,5

Constatons que l'Ain donne un limon riche en carbonate de chaux qui représente plus des deux tiers de son poids ; c'est du reste ce que l'on pouvait prévoir, puisqu'il coule dans un bassin formé par des calcaires jurassiques. Le Doubs, qui est plus rapide et dont le bassin est aussi jurassique, transporte également un limon riche en carbonate de chaux.

(1) *Geol. Mag.*, III, 527.
(2) Frère Ogérien : *Histoire naturelle du Jura*, 1865, t. I, p. 57.

Tandis que pendant les basses eaux la proportion de limon de l'Ain est de 0gr,12 par litre, elle s'élève à 0gr,76 et, par conséquent, devient environ six fois plus grande pendant les hautes eaux.

La proportion des matières organiques qui est importante à considérer au point de vue de l'emploi des eaux, soit pour la boisson, soit pour l'agriculture, est d'ailleurs beaucoup plus forte dans les eaux lorsqu'elles sont basses et limpides que lorsqu'elles sont hautes et troubles.

Calcaires marneux.

MOULES. — On trouve à Moules, canton de Ganges (Hérault), un calcaire propre à fabriquer de la chaux moyennement hydraulique, dont l'analyse, faite par MM. Hervé Mangon et L. Durand Claye, a fourni les résultats suivants :

CaO	MgO	Al2O3,Fe2O3	Résidu insoluble.	Perte au feu.	Somme.
48,35	0,50	0,75	10,25	40,15	100,00

MEUSE. — On exploite dans le département de la Meuse des rognons calcaires servant à fabriquer de la chaux hydraulique, qui sont au-dessus des assises argileuses de l'Oxford Clay, dans les environs d'Eix et de Rouvres.

M. L. Durand-Claye a analysé huit échantillons de ces calcaires pour lesquels il a obtenu la composition suivante :

CaO	MgO	Al2O3, Fe2O3	Rendu insoluble dans les acides.	Perte au feu.	Total.
			EIX.		
44,60	0,40	2,35	14,15	38,50	100,00
46,00	0,40	1,65	12,60	39,35	100,00
46,50	0,40	1,75	12,65	38,70	100,00
45,50	0,40	1,55	14,35	38,20	100,00
46,35	0,50	1,95	12,35	38,85	100,00
47,10	0,40	1,75	11,00	39,75	100,00
			ROUVRES.		
46,30	0,55	2,80	11,45	38,90	100,00
43,90	0,50	3,05	14,65	37,90	100,00

Echoisy.— Un calcaire marneux que l'on exploite sur une grande échelle, à Écholsy dans la Charente, fournit une chaux hydraulique qui pèse seulement 510 kilogrammes au mètre cube; elle est d'ailleurs de très-bonne qualité et, malgré la grande distance, s'expédie jusqu'à Paris.

CaO	MgO	Silice et argile.	Eau et acide carbonique.	Somme.
46,60	traces	14,20	38,90	100

Le calcaire qui fournit cette chaux hydraulique est bleu, pierreux, à cassure conchoïde, présente une épaisseur d'environ 20m et appartient d'après M. Nivet (1), à la zone de l'ammonites cordatus (Oxfordien).

Pouilly. — Le lias inférieur de Pouilly en Auxois, donne un ciment, dit romain, qui est à prise rapide et très-estimé (2).

Récemment MM. Lobereau et Meurgey ont établi une fabrication de ciment à prise lente, dit Portland et ils l'obtiennent en cuisant à une haute température deux calcaires marneux du lias inférieur après les avoir mélangés bien intimement. Voici quelle serait, approximativement, la composition des deux calcaires employés :

A Calcaire à bélemnites donnant de la chaux hydraulique.
B Calcaire bleu donnant le ciment à prise rapide de Pouilly.

	CaO	MgO	Al^2O^3, Fe^2O^3	SiO^2	CO^2, HO	Somme.
A. . . .	48,0	traces	4,5	8,0	39,5	100,0
B. . . .	43,5	traces	6,8	19,8	29,9	100,0

On veille à ce que ces calcaires marneux soient mélangés en proportion telle qu'ils fournissent par la cuisson un ciment Portland, contenant 62 pour 100 de chaux et 23 de silice, 8,5 d'alumine, 5,5 d'oxyde de fer.

La coupe suivante indique d'ailleurs le détail et l'ordre de succession des différentes couches qui sont utilisées pour la fabrica-

(1) *Revue de l'Exposition de* 1867, 1er et 2e numéro, 222.
(2) ettre de MM Lobereau et Meurgey.

tion des chaux hydrauliques et des ciments, ainsi que les résultats de leurs essais :

NATURE DES COUCHES.	ÉPAISSEUR DES COUCHES.	Argile. et silice.	Chaux.
Terre végétale.	mètres. 1,00		
Terrain de transport formé d'argile jaunâtre avec cailloux roulés. . .	0,80		
A. Calcaire à bélemnites.	0,30	12	48
Argiles schisteuses.	0,60		
Calcaire blanc jaunâtre.	0,15	15	42
Argiles schisteuses.	0,38		
Calcaire bleu à ciment.	0,30	22	40
Argiles alternant avec des marnes.	0,35		
Calcaire bleu à ciment.	0.32	21	43
Argiles noires feuilletées..	0.40		
B. Calcaire bleu à ciment.	0,25	26	43
Argiles feuilletées.	0,20		
Calcaire avec bélemnites et ammonites..	0,38	12	50
Argile.	0,10		
Calcaire à chaux hydraulique. . .	0,10		
Argiles feuilletées.	1,50		
Calcaire à gryphées arquées. . . .	6,50		

MONTREUIL. — Les marnes supérieures au gypse, présentent aux environs de Paris, diverses couches qui sont également employées à la fabrication de la chaux hydraulique et des ciments.

Nous donnons ici la coupe de ces marnes avec les résultats de leurs essais pour les exploitations de Montreuil (1).

(1) Lettre de MM. Lobereau et Meurge

NATURE DES COUCHES.	ÉPAISSEUR des couches.	Argile.	Chaux.
	mètres.	mètres.	mètres.
Terre végétale et terrain de transport avec meulières.	1,50		
Glaise verte.	6,50		
Marnes vertes..	1,00	40	20
Marnes blanches à lymnées, donnant de la chaux hydraulique.	1,50	12 à 13	45
Marnes blanches à ciment.	0,30	22	48
Marnes à chaux.	0,50	8	46
Marnes à ciment.	0,40	20	46
Marnes de couleur verte.	1,50	52	25
Marnes argileuses bleues compactes. .	3,50		
Marnes à teinte irisée donnant du ciment.	0,70	19,5	43
Marnes jaunâtres et gris de fer. . . .	3,80		
Gypse (Haute-Masse).			

En faisant un mélange convenable de ces calcaires marneux et en les soumettant à une température élevée, MM. Lobereau et Meurgey obtiennent un ciment à prise lente, contenant 62 p. 100 de chaux et 23 de silice (1). Ce ciment possède seulement une partie des propriétés du véritable Portland.

Les marnes supérieures au gypse contiennent, du reste, de la magnésie, qui n'a pas été dosée dans ces essais entrepris uniquement dans un but industriel.

SAINT-SÉBASTIEN. — On exploite, à Saint-Sébastien (Espagne), pour la fabrication des ciments à prise rapide, une carrière très-vaste qui est située à 500 mètres environ au S. O. du nouveau quartier de la ville.

Cette carrière ouverte dans le terrain crétacé se prolonge, du côté de la baie, jusqu'à 1 kilomètre de distance.

On y trouve deux espèces de calcaires marneux : l'un A est de couleur gris jaunâtre ; l'autre B est d'un bleu de plomb.

Leur analyse a été faite par M. L. Durand Claye, qui a obtenu pour leur composition :

(1) *Revue de Géologie*, V. p. 67.

	CaO	MgO	Al^2O^3,Fe^2O^3	Résidu argileux insoluble.	Perte au feu.	Somme.
A	36,45	0,15	1,40	31,35	30,65	100,00
B	39,85	0,25	2,00	23,85	34,05	100,00

Les ciments frabriqués à Saint-Sébastien sont analogues à ceux de Zumaya; leur emploi est d'une grande ressource dans une contrée dépourvue de chaux hydraulique naturelle.

Marnes.

JURA. — Des marnes, appartenant à l'étage des marnes irisées du Jura, ont été analysées par M. Ch. Mène (1):

A Marnes irisées, grises, rougeâtres, de Beisset.
B Marnes rougeâtres, tachées de verdâtre, de Laffenet.

	Densité.	Silice.	Alumine.	Oxyde de fer.	Chaux.	Magnésie.	Eau.	Matières organiques.	Acide carbonique.	Sulfate de chaux.	Somme.
A	2,173	20,0	10,0	0,9	27,1	»	9,5	0,3	22,0	10,0	99,8
B	2,245	26,2	14,0	3,8	29,0	»	2,0	0,3	23,5	1,2	100,0

Roches siliceuses.

Sable quartzeux.

BRESSE. — D'après le Frère Ogérien les essais de quelques sables tertiaires de la Bresse ont donné les résultats suivants (2) :

I Sable fin quartzeux et micacé, blanc, jaunâtre, de la molasse de Bletterans.
II Sables quartzeux micacés, de la molasse, près Beauvoisin.
III Sables siliceux ferrugineux du bois d'Orchamps.

	Densité.	CaO,CO^2	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	HO	Matières organiques.
I	2,251	0,058	0,860	0,017	0,002	0,021	0,042
II	2,631	»	0,700	0,030	0,050	0,056	»
III	2,291	»	0,700	0,160	0,058	0,100	»

(1) Frère Ogérien. *Histoire naturelle du Jura*, t. I, p. 918.
(2) Le frère Ogérien. *Terrain tertiaire dans le Jura.* — *Mémoires de la Société d'émulation du Jura*, 1866, 1852.

MISSOURI. — Près de Sainte-Geneviève dans le Missouri, l'on exploite sur une grande échelle, une couche de sable quartzeux qui a 6 mètres d'épaisseur et plusieurs kilomètres d'étendue. Ce sable qui est d'un blanc de neige, contient environ 99 de silice avec un peu de carbonate de chaux. Il est utilisé dans les verreries de Wheeling, de Stenbenville, de Pittsburg (1).

Molasse.

Des essais sur la molasse de la Bresse ont donné les résultats suivants (2) :

I Molasse très-dure formée de grains de quartz et de mica; du miocène de Bletterans.
II Molasse marine, partie supérieure; du miocène de la Ferté.
III Molasse rouge du miocène de Verrières-Suisses.
IV Molasse marine du miocène de Fort-du-Plâne.

	Densité.	CaO,Co^2	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	HO	Matières organiques.
I	2,564	27,6	48,1	2,0	0,2	0,6	21,5
II	2,662	35,0	8,8	3,7	2,5	0,5	0,1
III	2,495	79,4	8,6	5,4	6,5	2,0	0,1
IV	2,726	88,7	7,8	4,2	3,0	2,2	0,1

Les alcalis n'ont pas été dosés dans ces essais ; l'on conçoit cependant qu'il y en a nécessairement dans tous les échantillons de molasse qui contiennent des paillettes de mica.

Du reste, l'on voit que la molasse de la Bresse contient une proportion très-variable de carbonate de chaux, qu'elle est formée tantôt par un grès ou par un sable calcaire, tantôt par un calcaire avec grains de quartz.

Grès glauconieux.

M. Seeley (3) a cherché quelle pouvait être l'origine de la glauconie contenue dans le grès vert de Cambridge. L'analyse de cette glauconie, faite par M. Liveing, a fourni les données suivantes :

(1) S. Waterhouse. *The resources of Missouri*, 1867. Saint-Louis, 25.
(2) Le frère Ogérien. *Terrain tertiaire dans le Jura.— Mémoires de la Société d'émulation du Jura*, 1866, 152.
(3) *Geol. Mag.*, III, 302.

SiO^2	Al^2O^3	FeO	MgO	CaO	NaO	KO	HO	Somme.
51,09	9,00	19,54	3,37	0,30	3,56	2,47	10,80	100,13

M. Seeley n'admet pas avec Ehrenberg que ces grains soient formés par des coquilles silicifiées de polythalames, ni, avec M. Bailey, qu'ils soient dus à l'agglomération de cellules de foraminifères. Aucune matière organique en décomposition ne saurait fournir des grains contenant 9 p. 100 d'alumine, substance qui était même inconnue dans l'eau de mer avant les recherches de Forchhammer.

Il paraît plus probable à M. Seeley que le grès vert résulte de la désagrégation des roches plutoniques, dont les feldspaths et les micas ont fourni les éléments nécessaires à la formation de la glauconie. La silice aurait été extraite par des diatomacées; la décomposition des algues aurait pu produire aussi l'alcali nécessaire, et alors les particules d'alumine auraient servi de noyaux d'agrégation aux autres éléments.

Jaspes.

Saint-Gervais. — Des jaspes s'exploitent à Saint-Gervais, près du mont Blanc, et, par leur beauté aussi bien que par les applications qu'ils peuvent recevoir, ils méritent une mention spéciale.

Leur gisement est sur la rive droite du Bonnant, route de Fayet à Saint-Gervais, dans la Haute-Savoie; ils s'y trouvent en quantité pour ainsi dire indéfinie, et de plus en blocs de toutes les dimensions. On peut d'ailleurs les exploiter facilement et à ciel ouvert.

D'après des recherches récentes de M. Lory, ces jaspes proviennent d'un métamorphisme subi par une couche de grès appartenant à l'étage du trias. Ils paraissent reposer sur des schistes cristallins, et, au-dessus d'eux, l'on rencontre successivement un grès feldspathique (arkose), puis des dolomies.

Leur état originaire était celui de grès quartzeux, plus ou moins mélangés de mica gris ou verdâtre; ensuite ils ont été traversés par des sources minérales qui les ont imprégnés de silice et d'oxyde de fer en produisant les veines de jaspe. Ultérieurement leurs retraits ont été remplis par des carbonates mixtes de chaux, de magnésie et de fer, qui forment un ciment spathique, blanc, ayant l'inconvénient de brunir et de s'altérer par l'action de l'air.

Leur structure, qui est à la fois jaspée et bréchiforme, leur donne

un aspect exceptionnel et très-remarquable. Ils présentent d'ailleurs des couleurs variées d'une manière très-capricieuse, parmi lesquelles domine habituellement le rouge de sang. Le rose, le vert, le gris s'y montrent également. Du quartz blanc y forme, soit des veines irrégulières, soit des taches panachées.

La variété rouge est très-dure et prend un beau poli; c'est un jaspe composé de silice colorée par de l'oxyde de fer. Mais la variété grise contient plus spécialement des carbonates, en sorte qu'elle s'use d'une manière un peu inégale par le poli et que les parties quartzeuses y forment de légères saillies.

Les taches blanches panachées sont produites par des filons quartzeux qui imprègnent intimement la roche, et, dans leur centre, il y a quelquefois de la baryte sulfatée. Des veinules de sulfures métalliques peuvent même s'observer accidentellement.

La présence de carbonates et de baryte sulfatée dans les jaspes de Saint-Gervais tend à donner quelque inégalité à leur poli ainsi qu'à leur travail; et, d'un autre côté, comme leurs parties tendres sont susceptibles de s'altérer par les intempéries de l'atmosphère, il serait bon de les employer seulement pour la décoration intérieure.

Quant à leur prix de revient, il est actuellement de 1.500 francs sur la carrière et s'élève à 2.000 francs pour le mètre cube rendu à Paris. Le mètre cube en tranches ne dépasse pas 100 francs et l'on estime qu'il atteint 200 francs, c'est-à-dire qu'il double de valeur par le polissage.

Les jaspes de Saint-Gervais étaient représentés à l'Exposition universelle de 1867 par deux colonnes magnifiques qui se trouvaient à l'entrée de la serre des plantes équatoriales. Des colonnes semblables ont été employées dans le nouvel Opéra de Paris; mais il est à regretter qu'elles soient placées sur le péristyle extérieur; car les carbonates qui les imprègnent les exposent aux dégradations de l'atmosphère.

Du reste les jaspes de Saint-Gervais seraient facilement utilisés dans les ameublements, à l'état de plaques polies, de socles de pendules; ils pourraient servir à fabriquer des objets d'art. En effet aucune roche ne revêt des couleurs plus riches et ne prend plus d'éclat sous le poli; aucune ne convient mieux à la décoration des palais et des monuments.

Roches argileuses.

Argile.

Eure. — L'argile de Lyons-la-Forêt dans le département de l'Eure a été analysée dans le laboratoire de l'École des Mines. Elle est très-siliceuse et mélangée de sable quartzeux qu'on peut facilement séparer par lévigation; d'un autre côté elle contient de l'oxyde de fer qui produit son agglutination par la chaleur; en sorte qu'elle donne par la cuisson des briques semi-vitrifiées qui sont assez renommées et présentent des couleurs vives, rouges ou brunes. Voici d'ailleurs la composition de cette argile :

Sable et gravier.	Sable fin et SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	Perte au feu.	Somme.
8,5	72,5	9,6	3,0	5,3	98,9

Bresse. — M. Ch. Mène et le Frère Ogérien (1) ont fait l'essai de diverses argiles provenant du terrain tertiaire de la Bresse.

I Terre réfractaire de l'étage sidérolithique du tertiaire inférieur.
II Argile blanche, très-plastique, du haut du terrain tertiaire supérieur de Bletterans.
III Argile plastique, blanche, avec nombreux grains de quartz et paillettes de mica, de l'étage sidérolithique du tertiaire inférieur : lieu dit Mallavaux, commune d'Étrepigney.
IV Argile réfractaire de l'étage sidérolithique du tertiaire inférieur.
V Argile blanchâtre des argiles à mastodontes de Commenailles.
VI Argile blanchâtre avec concrétions ferrugineuses (greluches), du tertiaire supérieur de Bletterans.
VII Argile blanche avec tiges de végétaux, du tertiaire supérieur de Bletterans.
VIII Argile blanchâtre, variété de la précédente.
IX Argile jaune avec troncs de lignites, du tertiaire supérieur de Bletterans.
X Argile grise du tertiaire supérieur de Bletterans.

(1) Le frère Ogérien. *Terrain tertiaire dans le Jura.—Mémoires de la Société d'émulation du Jura*, 1866, 152.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	HO	Matières organiques.	Somme.
I......	2,337	8,84	70	08	50	»	101,0
II.....	2,247	8,83	62	02	50	»	99,7
III.....	2,310	8,70	43	12	82	»	101,7
IV.....	2,259	8,00	1,05	05	1,05	»	101,5
V.....	2,400	8,00	60	90	40	»	99,0
VI.....	2,252	7,75	1,79	25	41	»	102,0
VII....	2,347	7,60	1,54	04	82	»	100,0
VIII....	2,170	7,32	7,32	1,05	1,05	05	102,0
IX....	2,272	7,10	1,88	07	95	»	100,0
X.....	2,481	6,86	1,08	11	1,75	20	100,0

De même que les argiles de la Dombes, celles de la Bresse se distinguent par une grande richesse en silice; parmi celles qui sont signalées comme réfractaires, il en est même qui ont très-peu d'alumine et d'eau et qui contiennent au contraire plus de 80 pour 100 de silice : elles sont alors essentiellement formées de silice réduite en parcelles microscopiques et passant à l'état argileux (1).

Il faut peut-être attribuer ce résultat à ce que ces argiles proviennent de la trituration des roches granitiques et quartzeuses des Alpes?

JURA. — A la demande du Frère Ogérien (2), M. Ch. Mène a fait également l'essai d'un grand nombre d'argiles appartenant au trias classique du département du Jura.

Ces argiles contiennent habituellement un peu de carbonate de chaux et aussi de carbonate de magnésie. Du reste, la proportion des carbonates y devient quelquefois assez grande pour qu'on doive leur donner le nom de marnes. Voici les résultats obtenus, ces argiles étant classées dans l'ordre où elles se présentent lorsqu'on descend dans la série des terrains.

A Argile irisée et verte, des marnes irisées de Feschaux.

B Argile irisée et rouge, des marnes irisées de Feschaux.

C Argile irisée et rouge, des marnes irisées de Feschaux.

D Argile irisée et rouge, au-dessus des gypses, dans les marnes de Nevy-sur-Seille.

E Argile irisée et verte, au-dessus des gypses, dans les marnes de Nevy-sur-Seille.

F Argile irisée, lie de vin, des marnes irisées, de Boisset.

(1) *Revue de Géologie*, III, 108. — *Id.*, 106.
(2) *Histoire naturelle du Jura*, t. I, p. 918.

G Argile irisée, verte et tachée de rouge avec veine de gypse. . . . . } des marnes irisées de Laffenet près Salins.
H Argile irisée, rouge, friable, des marnes irisées de Boisset.
I Argile irisée, lie de vin, au-dessus du sel gemme, du sondage de Mont-Morot.
K Argile irisée, { lie de vin, schistoïde, } { de la partie supérieure du grès bigarré. . . } d'Offlanges.

	Densité.	Silice.	Alumine.	Oxyde de fer.	Oxyde de cuivre.	Chaux.	Magnésie.	Eau.	Acide carbonique.	Matières organiques.	Matières argileuses.	Somme.
A	2,406	50,0	29,0	0,5	1,5	4,4	»	9,0	3,5	1,5	0,6	100,00
B	2,322	53,0	17,2	2,0	»	4,8	»	11,8	4,0	7,2	»	100,00
C	2,537	40,0	22,0	1,0	»	13,0	6,5	7,5	9,0	1,0	»	100,00
D	2,329	50,0	18,4	1,7	1,2	11,2	»	8,5	8,8	0,2	»	100,00
E	2,318	40,3	18,0	3,0	»	11,5	1,0	14,2	9,0	»	3,0	100,00
F	2,380	53,2	24,0	1,5	»	6,4	»	10,0	4,6	»	»	99,70
G	2,300	48,0	27,7	2,0	Sulfate de chaux 3,7	7,3	»	5,2	5,7	0,2	»	99,80
H	2,174	50,3	3,2	3,3	7,5	5,4	»	17,5	8,2	»	»	95,40
I	2,180	53,2	24,0	1,5	»	5,4	»	10,0	4,6	0,3	»	99,00
K	2,340	87,0	7,7	1,5	»	»	»	3,0	»	»	»	99,20

La plupart de ces argiles ont une assez faible proportion d'eau; ce sont les argiles rouges qui en renferment le plus et l'analyse montre d'ailleurs qu'elles sont les plus riches en fer.

Suivant M. Ch. Mène la coloration verte des argiles appartenant aux marnes irisées doit être attribuée à de l'oxyde de cuivre dont la proportion dépasse quelquefois 1 p. 100. En tout cas la présence de ce métal semblerait indiquer qu'elles proviennent en partie de l'intérieur de la terre.

La proportion de silice devient très-grande dans l'argile schistoïde du grès bigarré qui s'est sans doute formée aux dépens des roches de cet étage lesquelles ont été remaniées et finement triturées.

D'après leur peu de plasticité et leur tendance à la structure schisteuse, il nous paraît d'ailleurs que les argiles du trias doivent pour la plupart contenir des alcalis.

MONTABAUR. — Une argile plastique remplit, d'après M. J. Höchst (1), de petits bassins dont la puissance ne dépasse pas 8 mètres et qui se trouvent aux environs de Montabaur, dans la région du grès à spirifères. Son analyse a été faite par M. Frése-

(1) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Engelbach, 1866, 932. — *Odernheimer das Berg und Hüttenwesen in Nassau*, 464.—*Jahrb. Min*, 1866, 737.

nius sur deux échantillons provenant l'un A de Hülscheid, l'autre B d'Ebernhahn :

	Sable	Sable microscopique.	Argile.	Eau.
A	24,68	11,29	57,34	6,41
B	6,66	9,66	74,82	8,86

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	HO	Somme.
A	77,03	14,06	1,35	0,35	0,47	1,26	5,17	99,69
B	64,30	24,07	1,72	1,08	0,87	0,29	6,72	99,95

MISSOURI. — Une argile réfractaire de bonne qualité s'exploite à 4 milles de Saint-Louis dans le Missouri (1). Elle présente la composition suivante :

SiO^2	Al^2O^3 *	CaO	MgO	HO	Somme.
53,94	33,73	1,17	traces.	10,94	99,78

* Avec un peu d'oxyde de fer.

Marne argileuse.

BRESSE. — L'essai d'une marne bleue prise à la gare de Chiseaux, et appartenant au terrain tertiaire supérieur de la Bresse, a donné (2) :

Densité.	CaO, CO^2	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	HO	Somme.
2,630	36,7	40,0	13,0	1,7	8,6	100,0

VIENNE. — On nomme Tegel des marnes très-argileuses qui se sont déposées par-dessus le terrain tertiaire éocène des environs de Vienne (3).

(1) S. Waterhouse. *The resources of Missouri*, 1867. Saint-Louis, 24.
(2) Le frère Ogérien. *Terrain tertiaire dans le Jura.—Mémoires de la Société d'émulation du Jura*, 1866, 152.
(3) *Revue de Géologie*, V, 241.

Leur analyse a été faite par M. E. de Sommaruga (1) :

A Tegel d'eau douce d'Inzersdorf : gris bleuâtre, très-plastique, avec paillettes de mica, grains de quartz, traces charbonneuses et pyrites de fer.

B Tegel d'eau saumâtre d'Ottakring : bleu, un peu moins plastique.

C Tegel d'eau saumâtre de Nussdorf : bleu très-plastique, avec beaucoup de charbon.

D Tegel marin, gris brunâtre, de Baden.

	SiO^2	SO^3	CO^3	Cl	Al^2O^3	FeO	MgO	CaO	KO	NaO	Somme.
A	57,72	0,84	5,54	0,008	15,17	8,77	0,58	4,43	1,02	5,92	100,00
B	61,57	0,84	3,95	0,008	11,88	8,01	0,24	7,79	1,37	4,33	100,00
C	58,65	0,92	2,44	0,007	16,81	10,04	0,96	6,97	0,78	2,46	100,00
D	60,57	0,65	2,89	0,008	14,80	8,47	0,45	6,92	2,08	3,16	100,00

D'après M. E. de Sommaruga, le tegel présente un mélange d'un silicate inattaquable par l'acide, avec du quartz, des carbonates de chaux et de magnésie, ainsi que du gypse. Les tegels marins et d'eau saumâtre contiennent un silicate de chaux et de protoxyde de fer qui est attaquable par l'acide ; tandis que le tegel d'eau douce ne renferme que du silicate de fer avec du carbonate de fer.

Du reste on peut observer que la composition chimique du Tegel ne diffère pas beaucoup de celle du loess.

Vase sableuse.

CHARENTE INFÉRIEURE. — Il se dépose au bord de la mer, sur le littoral de la Charente inférieure, une vase sableuse, qui a été émergée sur une grande surface et qui porte le nom de *bri*. M. L. Durand Claye a examiné différents échantillons de ce bri, provenant du canal Saint-Louis et de profondeurs qui ont varié depuis 2 mètres jusqu'à 8 mètres. Leur composition reste à peu près la même et en moyenne elle est la suivante :

Eau	55	pour 100
Matière sèche	45	—

La matière sèche renferme d'ailleurs :

(1) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Th. Engelbach, 1866, 984. — *Jahrb. der geolog. Reichsanstalt*, XVI, 68.

SiO^2	Al^2O^3, Fe^2O^3	CaO	MgO	CO^2 et produits non dosés.	Somme.
51,15	22,80	6,90	0,95	18,20	100,00

ROCHES PLUTONIQUES.

Péridotite.

Les minéraux se trouvant dans la péridotite (Dunite de Hochstetter) ont été étudiés par MM. F. Sandberger et Gutberlet (1). Ces savants ont constaté que les fragments de péridotite qui sont enveloppés dans les basaltes et dans les laves sont identiques aux roches de péridot. Dans le basalte de la colline Ostheim près Hotheim en Basse Franconie, des fragments sont presque entièrement formés d'enstatite avec des grains de péridot et de picotite.

L'analyse de cette picotite (A) faite par M. Hilger a donné les mêmes résultats que la picotite (B) de Lherz examinée précédemment par M. Damour.

	MgO	FeO	Fe^2O^3	Al^2O^3	Cr^2O^3	SiO^2	Somme.
A	23,59	3,85	11,40	53,93	7,23	»	100,00
B	10,18	24,60	»	55,34	7,90	1,98	100,00

La picotite est un spinelle chromifère et ferromagnésien (2); il est remarquable de la rencontrer dans des roches aussi différentes que le basalte et la Lherzolite.

Serpentine.

ITALIE. — La serpentine est comme l'on sait très-abondante le long de la côte ouest d'Italie, dans la Toscane, dans le Modenais, dans le Piémont. Elle forme généralement des collines de forme conique qui surgissent subitement et, s'élevant à une grande hauteur, présentent des sommets décharnés.

(1) *Jahresbericht der Chemie* von Heinr. Will und Th. Engelbach, 1866, 978. — *Jahrb. Min*, 1866, 385.
(2) *Revue de Géologie*, III, 114, et IV, 60.

A son contact avec le gabbro rosso l'on trouve un grand nombre de zéolithes qui sont très-remarquables en ce qu'elles contiennent de la magnésie. Voici leurs noms et les proportions de cette dernière base en centièmes :

Savite.	13,50	Portite.	4,87
Schneiderite.	11,03	Sloanite.	2,67
Picranalcime.	10,25	Humboldtite.	2,12
Picrothomsonite.	6,27	Caporcianite.	1,11

De toutes ces zéolithes la caporcianite qui ressemble à l'analcime est la plus abondante.

La variété de dolomie verdâtre nommée miemite qui contient 42,5 pour 100 de magnésie se trouve également près du contact.

Comme le remarque M. W. P. Jervis (1) le gisement et la richesse en magnésie de tous ces minéraux font bien voir qu'ils se sont formés au moment de l'éruption de la serpentine et qu'ils ont été produits par métamorphisme.

L'analyse des silicates (grenat, diallage, chlorite) qui se sont développés dans la serpentine et en particulier dans celle des Vosges a montré du reste qu'ils participent de la composition de leur gangue et qu'ils sont exceptionnellement riches en magnésie (2).

Diorite.

BRETAGNE. — Des haches celtiques fabriquées sans doute avec des roches amphiboliques tirées de la Bretagne, ont été analysées par M. Damour (3):

A Diorite noire et blanche trouvée dans les environs de Saumur.
B Aphanite gris de cendre du Morbihan.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Cr^2O^3	CaO	MgO	FeO	MnO	NaO	KO	Perte au feu.	Somme.
A	3,048	49,92	15,36	»	11,12	6,12	11,78	0,56	1,88	0,66	1,64	99,04
B	3,025	49,58	14,08	Traces.	10,93	6,13	14,20	0,30	3,17	0,39	1,96	100,74

(1) W. P. Jervis. *The mineral resources of central Italy*, 27.
(2) Delesse : *Annales des mines*, 4e série, t. XVIII, p. 309.
(3) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Engelbach, 1866, 978. — *Comptes rendus*, LXIII, 1038. — *Institut*, 1867, 21.

SCHRIESHEIM. — M. K. A. Zittel a examiné la diorite à gros grain de Schriesheim près Heidelberg. Le feldspath blanc, légèrement verdâtre, extrait de cette roche, étant analysé par M. Swiatkowsky (1), a donné :

Densité.	SiO^2	Al^2O^3	FeO	MgO	KO	NaO	Somme.
2,769	55,24	29,02	9,91	0,19	1,31	5,13	100,70

Les rapports d'oxygène pour la silice, l'alumine et les bases à 1 atome sont ÷ 6,88 : 3,1 : 1 et M. Zittel considère ce feldspath comme un labrador. Il nous paraît d'ailleurs qu'il doit contenir de l'eau. Cette diorite serait donc à base de labrador, comme celle de Saint-Maurice dans les Vosges analysée par M. Delesse (2).

Parmi les minéraux qui y sont disséminés, M. Zittel mentionne la pyrite de fer, le sphène, le quartz et en outre l'orthite observée par M. le professeur G. Leonhard.

Mélaphyre.

DOBRUDSCHA. — M. E. de Sommaruga (3) a trouvé la composition suivante pour un mélaphyre de Kokos dans la Dobrudscha :

SiO^2	PO^5	Cl	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	CO^2	Somme*
48,31	0,43	0,04	16,76	10,86	9,88	4,68	1,86	1,06	3,07	2,61	99,36

* Traces de fluor et de manganèse.

Cœsium et rubidium dans le mélaphyre.

Le cœsium et le rubidium, ces métaux que l'analyse spectrale a permis de découvrir, sont jusqu'à présent assez rares; ils n'ont guère été signalés que dans le lépidolithe, dans les eaux minérales, dans les eaux des salines, dans le minéral que M. Breithaupt a nommé Pollux et dans les cendres de divers végétaux.

Récemment M. H. Laspeyres (4) a reconnu ces métaux dans le

(1) *Neues Jahrbuch* von Leonhard und Geinitz, 1866, 641.
(2) *Annales des mines*, 4e série, t. XIX, p. 149.
(3) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Engelbach, 1866, 972. — *Jahrb. der geolog. Reichsanstalt*, XVI, 418.
(4) Von Dechen. *Neues Jahrbuch* von Leonhard und B. Geinitz. 1866, 755.

mélaphyre de Norheim dans la Prusse rhénane. Il a constaté, en effet, que ce mélaphyre en contient quelques millionièmes :

Oxyde de cœsium.	0,00038 p. 100.
Oxyde de rubidium.	0,00030 p. 100.

Dans ce même mélaphyre il a trouvé environ 50 de silice ; 5 d'eau ; 0,06 de strontiane et de baryte ; 0,77 de potasse ainsi que des traces d'acide borique, de chlore, de brome et d'iode. On conçoit d'ailleurs qu'il était intéressant de démontrer l'existence du cœsium et du rubidium dans des roches éruptives aussi répandues que les mélaphyres.

ROCHES VOLCANIQUES.

Des études sur la composition chimique des roches volcaniques de la Hongrie et de la Transylvanie ont été faites par M. E. de Sommaruga (1). Se basant sur ses analyses ainsi que sur celles de M. Ch. de Hauer et F. d'Andrian, il établit des divisions dans ces roches d'après leur teneur en silice :

Rhyolithes	contenant de	77 à	70	p. 100	de silice
Dacites.	—	69	61	—	—
Grunsteintrachytes et andésites.	—	61	53	—	—
Trachytes.	—	59	57	—	—
Dolérites, basaltes.	—	60	53	—	—

De l'ensemble de ses recherches M. E. de Sommaruga déduit les conclusions qui suivent :

1° Beaucoup de roches volcaniques de Hongrie et de Transylvanie présentent la même composition chimique, bien qu'ayant des caractères minéralogiques différents. C'est du reste ce qui résulte d'une manière très-nette de la comparaison des analyses faites d'une part sur les roches volcaniques, d'autre part sur les roches plutoniques ; car l'on reconnaît que ces roches forment deux séries correspondantes (2).

2° Toutes les roches de Hongrie et de Transylvanie contiennent

---

(1) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Th. Engelbach, 1866, 968. — *Jahrb. der geolog. Reichsanstalt*, XVI, 461. — *Quelques analyses*, XVI, 269. — Résumés. *Jahrb. Min.*, 1867, 230.

(2) Delesse. *Études sur le métamorphisme des roches*, in-4. — Extrait des *Mémoires de l'Académie*, p. 24 à 29.

vraisemblablement deux feldspaths dont l'un ne se trouve que dans la pâte; par suite elles peuvent se classer ainsi, suivant M. E. de Sommaruga :

Rhyolithe (avec orthose sanidine et albite); Dacite; Andésite; Trachyte normal (avec orthose sanidine et oligoclase); Dolérite (avec orthose sanidine et labrador).

3° Dans une roche volcanique riche en silice, même lorsqu'elle s'est refroidie rapidement, il peut se séparer des minéraux basiques; souvent ce sont les seuls qui puissent être distingués.

4° La cristallisation du mica et du grenat a précédé celle des autres minéraux et surtout celle du feldspath.

5° La densité de ces roches croît à mesure que leur teneur en silice diminue.

Nous donnerons successivement pour chacune de ces roches les résultats détaillés des analyses.

Rhyolithe.

HONGRIE. TRANSYLVANIE. — Le nom de Rhyolithe, adopté par un assez grand nombre de géologues, a d'abord été introduit dans la science par M. de Richthofen qui l'a appliqué aux trachytes quartzeux les plus récents.

I Rhyolithe à pâte gris rougeâtre, de Telki-Banya, au N.-O. de Göncz.
II Rhyolithe (Sphœrulite) du col de Göncz.
III Rhyolithe de Telki-Banya; pâte comme I avec des cellules très-nombreuses.
IV Rhyolithe de la vallée Cejkowa; masse compacte ayant l'aspect de la porcelaine et une cassure conchoïde dans laquelle on distingue seulement des paillettes de mica noir.
V Rhyolithe ressemblant au hornstein de Hlinick. La pâte gris foncé renferme des cristaux de sanidine et du quartz.
VI Perlite de Hlinick; gris avec cristaux de sanidine.
VII Rhyolithe ponceux, gris-blanchâtre, avec beaucoup de mica noir; de Slaska.
VIII Perlite de Pustiehrad, d'une couleur un peu plus foncée que VI.
IX Rhyolithe de Pustiehrad, à pâte rouge contenant beaucoup de feldspath blanc et du mica noir.
X Rhyolithe décomposé de Schwabendorf; blanc compacte avec cristaux de feldspath en partie décomposés. Il contient un peu d'acide sulfurique.

	Densité.	SiO^3	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme
I. . . .	—	76,80	12,18	*1,56	1,07	0,20	4,50	2,82	0,89	100,02
II. . .	2,410	77,03	12,77	1,92	1,45	0,31	4,13	2,97	0,74	101,32
III. . .	2,403	76,34	13,22	1,93	1,85	0,21	3,67	2,84	0,61	100,67
IV. . .	2,303	75,22	13,22	2,46	0,75	0,34	6,00	1,72	3,27	102,98
V. . .	2,428	74,17	13,24	3,24	1,46	0,32	5,38	1,87	1,05	100,73
VI. . .	2,394	72,52	13,72	2,08	1,15	0,45	5,68	1,15	3,50	100,25
VII. .	2,042	70,87	13,86	2,42	1,30	0,40	5,73	1,26	3,82	99,66
VIII. .	2,392	71,91	13,32	3,04	1,35	0,50	5,88	1,29	2,80	100,97
IX. . .	2,416	70,00	14,17	3,25	1,63	0,50	5,27	2,14	1,30	98,26
X. . .	2,588	70,00	16,61	0,85	0,43	0,06	6,24	1,72	2,21	98,12

Ces analyses du Rhyolithe de Hongrie (1) concordent avec celles du Rhyolithe des monts Euganéens qui ont été faites par M. vom Rath (2); elles montrent que cette roche est un trachyte très-riche en silice qui est très-voisin de certains porphyres trachytiques, particulièrement de celui nommé Liparite par M. J. Roth.

SAINT-PAUL. — Une variété de trachyte Rhyolithe formant la plus grande partie de l'île Saint-Paul a été rapportée par M. de Hochstetter et analysée par M. Ch. de Hauer (3) :

SiO^3	Al^2O^3	CaO	KO	NaO	FeO	MnO	Perte au feu.	Somme.
71,81	14,69	1,57	2,27	2,70	3,79	»	1,65	98,46

Dacite.

Le nom de *Dacite* a été attribué par MM. F. von Hauer et Stache aux trachytes quartzeux anciens de la Hongrie et de la Transylvanie (4).

Suivant M. E. de Sommaruga (5), leur richesse en silice se trouve comprise entre celle des Rhyolithes et celle des andésites proprement dits. Leurs caractères participent de ces deux roches.

(1) *Jahresber. der Chemie* H. Will und Engelbach, 969, 970. — *Neues Jahrbuch*, 1868, 731.
(2) *Revue de Géologie*, t. V, 16.
(3) *Jahresbericht der Chemie*, 1866, 968.
(4) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Th. Engelbach, 1866, 970. — *Jahrb. der geolog. Reichsanstalt*, XVI, 95.
(5) *Jahresbericht der Chemie* von Will und Engelbach, 1866, 971.

I Dacite andésitique des montagnes Bogdan ; roche brune, grenue, contenant beaucoup de grains de quartz, d'hornblende et vraisemblablement deux feldspaths.

II Dacite andésitique de Meregyo ; brun grisâtre, avec feldspath rougeâtre et beaucoup de quartz.

III Dacite granito-porphyrique de Sekelyo ; sa pâte est rougeâtre, très-peu abondante relativement aux minéraux qu'elle renferme qui sont du feldspath rougeâtre, des grains de quartz, de l'hornblende et un peu de mica.

IV Dacite granito-porphyrique de Kis-Sebes ; il ressemble au précédent et contient beaucoup de feldspath blanc qui lui donne la structure porphyrique

V Dacite granito-porphyrique de Kis-Sebes ; roche de couleur foncée, avec deux feldspaths, beaucoup de quartz et un peu de mica.

VI Dacite granito-porphyrique de la vallée Illova. Dans sa pâte qui est compacte, il y a de gros cristaux de feldspath blanc, de l'hornblende et un peu de quartz.

VII Dacite granito-porphyrique de Kis-Banya ; semblable au précédent.

VIII et IX Dacites passant au grunstein de Csoramuluj près d'Offenbanya. Leur analyse montre que leur perte au feu dépasse 2 p. 100 et elle consiste surtout en eau.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
I	2,609	68,75	14,31	5,70	2,51	0,78	4,41	1,38	2,57	100,41
II	2,632	67,19	13,58	6.51	2,97	1,18	5,52	0,17	1,80	99,92
III	2,623	68,29	14,53	6,47	2,45	0,98	4,10	1,64	1,55	100,01
IV	2,601	66,93	16,22	4,99	1,88	0,52	5,43	0,36	1,78	98,11
V	2,655	66,06	15,17	6,64	3,55	1,75	5,91	0,75	1,25	101,08
VI	2,631	66.21	17,84	5,56	4,64	0,47	3,84	0,74	1,26	100,56
VII	2,647	64,69	16,94	6,06	3,95	0,71	3,68	1,85	1,17	99,05
VIII	2,684	61,21	16,51	5,76	4,12	2,27	4,70	0,28	2,61	100,46
IX	2,577	60,61	18,14	6,78	6,28	1,20	4,39	0,51	2,29	100,20

Trachyte anorthosé.

HONGRIE. — Le trachyte de la montagne de Tokaj (A) a encore été analysé par M. Bernath (1) et le feldspath anorthose (B) disséminé dans sa pâte l'a été par M. H. Molnar.

	Densité.	SiO^2	SO^3	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
A	»	60,74	1,37	14,81	7,40	4,88	2,37	2,15	1,37	1,35	99,44
B	2,54	67,75	»	20,56	»	2,60	»	0,38	8,65	»	99,49

(1) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Th. Engelbach, 1866, 976. — *Jahrb. der geol. Reichsanstalt*, XVI, 82.

AMÉRIQUE-CENTRALE. — M. Wagner a rapporté une collection de roches trachytiques provenant des volcans de l'Amérique Centrale et leur composition a été déterminée par M. O. Prölss (1).

I Trachyte gris clair avec petits cristaux d'oligoclase qui sont très-nombreux et accompagnés d'hornblende vert noirâtre; du volcan Coseguina.

II Trachyte blanc-grisâtre, ressemblant au précédent; du volcan brûlant Rincon de la Veja.

III Trachyte à pâte noire, compacte, peu brillante, dans laquelle on distingue seulement des cristaux d'oligoclase; de l'Irazù ou volcan de Cartago.

IV Trachyte à pâte rougeâtre un peu poreuse, dans laquelle sont disséminés de nombreux cristaux d'oligoclase et d'hornblende; du volcan Chiriqui, à Panama.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	Somme.
I	»	62,46	18,48	5,52	0,05	6,19	2,30	1,26	4,81	101,07
II	2,640	62,76	18,10	5,14	traces.	6,03	2,59	1,35	3,45	99,42
III	2,658	61,50	16,56	6,03	0,03	6,09	3,70	1,73	5,59	101,23
IV	2,594	60,41	16,88	6,07	traces.	5,93	2,82	1,02	6,72	99,85

Ces trachytes sont à base de feldspath anorthose ou du sixième système; ce dernier paraît être de l'oligoclase et c'est aussi ce qui semble indiqué par la composition chimique de la roche, particulièrement par sa teneur en silice.

D'autres essais sur les roches de la série de volcans compris entre Chiriqui et Coseguina ont donné à peu près les mêmes résultats; d'où M. Prölss conclut que ces volcans ont été engendrés dans la même éruption.

Andésite.

HONGRIE. TRANSYLVANIE. — M. E. de Sommaruga (2) classe parmi les andésites les trachytes suivants qui ont été analysés par lui ainsi que par M. F. d'Andrian et qui proviennent des environs de Schemnitz :

(1) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Th. Engelbach, 1866, 974, 975. — *Jahrbuch Mineralogie* von G. Leonhard und B. Geinitz, 1866, 647.

(2) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Th. Engelbach, 1866, 971, 972. — *Jahrbuch der geolog. Reichsanstalt*, XVI, 124, 374. — *Jahrbuch der Mineralogie*, 1866, 604, 736.

I Grunsteintrachyte de Gelnerowsky Wrch; sa couleur est verte et il contient du feldspath blanc avec de l'hornblende gris clair.

II Trachyte gris du Grand-Reitberg; roche porphyrique à grain moyen renfermant des cristaux de feldspath, beaucoup d'hornblende et un peu de mica.

III Trachyte gris de Kussahora près Rybnik; pâte noire compacte avec cristaux blancs et verts-jaunâtres de feldspath.

IV Trachyte gris de la vallée Cejkowa.

V Grunsteintrachyte de Kohutova Dolina, au sud d'Hodritsch; dans sa pâte l'on ne distingue guère que de l'hornblende et du feldspath.

VI Trachyte gris de la montagne des carrières près Kœnigsberg; dans sa pâte qui est grise, l'on distingue beaucoup de feldspath blanc, de l'hornblende et un peu de mica noir.

VII Trachyte gris de la maison de chasse de Benedek; roche noire, compacte, avec feldspath blanc.

VIII Trachyte gris de Hrobla Wrch; il est gris et contient beaucoup de feldspath et de l'hornblende.

IX Grunsteintrachyte du mont Dreifaltigkeit près Schemnitz.

X Trachyte gris noirâtre avec feldspath jaunâtre de la vallée Cejkova.

XI Trachyte gris brunâtre, avec grandes cellules, de Benedek.

XII Trachyte gris, compacte et peu feldspathique d'Illia.

XIII Grunsteintrachyte compacte et un peu décomposé, de Brezanka Dolina.

XIV Trachyte gris d'Hornejsa.

XV Trachyte gris, plus foncé que le précédent, de Hlubokacesta.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
I	2,61	60,26	18,25	6,83	3,08	0,77	5,35	0,26	3,40	98,20
II	»	61,95	18,53	6,16	5,26	1,77	4,44	traces	2,28	100,39
III	2,641	61,62	20,66	6,64	4,27	1,35	4,55	traces	2,40	101,49
IV	2,632	60,71	18,85	8,25	6,24	0,51	3,64	1,43	0,92	100,55
V	2,64	58,90	16,59	8,41	3,59	2,23	4,98	traces	4,69	99,39
VI	»	60,15	18,75	7,64	5,51	1,39	7,32	0,07	1,28	102,11
VII	2,617	59,26	18,21	8,31	5,43	2,44	5,10	traces	1,09	99,84
VIII	2,720	58,92	20,73	8,86	4,03	1,22	3,97	traces	1,80	99,53
IX	»	56,60	17,23	8,59	4,40	3,45	7,56	»	3,62	101,45
X	2,607	58,21	22,22	7,30	5,18	1,73	3,96	traces	2,75	101,35
XI	2,583	57,70	20,79	8,35	5,45	1,71	3,99	traces	3,84	101,83
XII	2,701	58,32	21,42	8,05	5,71	1,90	3,89	0,50	1,71	101,50
XIII	»	53,28	22,18	8,02	5,38	1,27	7,01	traces	3,69	100,83
XIV	»	53,91	22,60	7,82	4,79	4,01	7,09	»	0,90	101,12
XV	»	52,73	22,22	6,79	9,54	1,16	5.46	1,77	1,02	100,69

Trachyte.

HONGRIE. TRANSYLVANIE. — Les trachytes suivants qui proviennent de Hargitta et des environs de Waitzen ont de même été ana-

lysés par M. E. de Sommaruga (1) qui, d'après leur composition chimique, les caractérise comme normaux.

I Trachyte rouge de Wissehrad.
II Trachyte blanc de la vallée Blaubründl près Vissehrad.
III Trachyte de Deva.
IV Trachyte de Verespatak.
V Trachyte avec gros cristaux de Sanidine de Deva.
VI Trachyte de Pilis-Maroth.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
I	2,608	58,76	16,84	8,43	6,84	0,94	3,06	1,56	2,94	98,97
II	2,578	57,85	16,68	9,87	5,71	1,50	3,63	1,81	2,95	100,00
III	2,593	58,76	18,54	7,35	4,40	2,78	3,92	1,21	3,04	100,00
IV	2,640	58,22	18,14	7,30	7,26	1,86	3,80	1,08	2,03	99,69
V	2,619	57,64	16,10	10,52	6,49	3,24	3,86	1,19	1,30	100,34
VI	2,569	57,41	19,57	9,15	6,51	0,56	2,53	2,20	2,53	100,46

Trachyte grenatifère.

Des trachytes contenant des grenats, et provenant des environs de Gran ainsi que de Waitzen, ont encore été analysés par M. E. de Sommaruga (2).

I Trachyte blanc à pâte rude et poreuse, avec mica noir et grains de grenat, de Pilis Szt. Kereszt.
II Trachyte micacé de Sodjberg près Bogdany.
III Trachyte du Csag Hegy près Szobb.
IV Trachyte de Somlyo Hegy près Tolmacs.
V Trachyte de Karajsoberg près Nagy Oroszi.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
I	2,414	68,63	14,48	4,11	2,19	0,18	4,77	1,42	4,35	100,13
II	2,543	65,36	15,62	5,78	3,94	0,46	6,07	1,42	1,19	99,84
III	2,625	62,28	15,10	7,58	4,87	1,35	4,54	1,21	3,07	100,00
IV	2,682	57,93	16,08	9,47	5,11	1,75	6,54	1,78	2,14	100,00
V	»	56,65	15,51	11,28	4,63	3,22	5,31	1,11	2,42	100,15

Suivant M. E. de Sommaruga le grenat s'est formé avant les autres minéraux, particulièrement avant le feldspath.

(1) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Engelbach, 1866, 972, 973.
(2) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Engelbach, 1866, 973, 974.

Trachyte vitreux.

Perlite.

HONGRIE. — Un perlite et des sphérulites de Hongrie ont donné à M. Bernath (1) :

A Perlite de Hongrie.
B Sphérulite du Rhyolithe lithoïde de la montagne de Tokaj.
C Sphérulite de Szanto.

	Densité.	SiO^2	SO^3	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
A	2,36	74,91	0,32	9,23	4,79	1,22	0,37	4,40	0,29	3,09	98,63
B	2,37	75,78	0,34	10,31	3,14	1,25	0,94	5,18	0,76	0,68	98,38
C	2,37	76,52	0,55	8,29	3,59	0,36	0,58	3,89	0,03	2,65	96,47

Obsidienne.

HONGRIE. — M. Bernath (2) a analysé une obsidienne de Hongrie dont la densité était de 2,41 :

SiO^2	SO^3	Al^2O^3	Fe^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	HO	Somme.
73,33	traces	9,63	4,44	2,07	0,74	2,28	2,53	1,54	99,56

CAUCASE. — La marbrerie impériale de Tiflis avait envoyé à l'Exposition universelle de 1867 quelques objets façonnés avec une obsidienne qui paraissait pour la première fois ; elle est noire-grisâtre, caractérisée, comme certaines variétés du Mexique, par des reflets blancs et chatoyants qui, sous ce rapport, la font ressembler à l'opale. Cette obsidienne trouvera des applications dans l'ameublement et mieux encore dans la bijouterie.

Marekanite.

SAINT-PAUL. — M. de Hochstetter (3) a rapporté de l'île vol-

(1) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Engelbach, 1866, 978.
(2) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Engelbach, 1866, 978.
(3) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Th. Engelbach, 1866, 968. — *Jahrbuch der geologischen Reichsanstalt*, XVI, 121.

canique de Saint-Paul des grains d'obsidienne qui se trouvent dans un tuf ponceux et ressemblent à la marekanite de Hongrie. Leur analyse a donné à M. de Ch. Hauer:

SiO^2	Al^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	FeO	MnO	Perte au feu.	Somme.
72,30	11,58	1,96	—	2,49	5,63	6,02	—	0,34	100,32

Ponce.

SANTORIN. — M. Ch. de Hauer (1) a déterminé la composition d'une ponce rejetée anciennement sur l'île de Santorin. Elle est blanche, très-légère, fond en un verre noir et a été prise près de la maison des bains à Nea-Kameni.

SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
60,09	13,14	6,34	2,95	0,46	4,39	6,00	5,41	98,78

PÉROU. — M. Boussingault (2) a fait l'analyse d'une pierre ponce de San Felipe au Pérou:

SiO^2	Al^2O^3	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
74,1	17,1	1,2	0,2	1,0	5,4	4,0	100,0

C'est dans les carrières de San Felipe, desquelles provient cette pierre ponce, que l'on trouve cette belle obsidienne avec laquelle les Incas fabriquaient des couteaux, des armes, des miroirs et toutes sortes d'instruments.

Tuf ponceux.

SANTORIN.— Le tuf ponceux de l'île de Santorin que l'on exploite actuellement sur une très-grande échelle comme pouzzolane s'est déposé par-dessus des laves. D'après des observations faites par MM. Christomannos, Nomicos, Alafousôs et par M. Fouqué (3) ce tuf a enfoui, à Santorin et à Therasia, de véritables vil-

(1) *Jahresbericht der Chemie*, 1866, 963.
(2) Cours du Conservatoire des Arts et Métiers, 1867.
(3) Fouqué. *Archives des missions scientifiques et littéraires* publiées sous les auspices du Ministre de l'instruction publique, 1867, IV, 229.

lages qui sont construits en pierres non taillées, réunies simplement par de la terre mélangée avec des substances végétales. L'on y a trouvé des instruments en pierres, particulièrement en silex, ainsi que des couteaux et des flèches en obsidienne. Il y avait aussi des anneaux d'or et même des poteries accusant un certain goût artistique et une civilisation assez avancée.

Suivant M. Fouqué, la grande éruption qui a rejeté le tuf ponceux a précédé l'effondrement du centre d'une île qui existait autrefois; car le tuf couvrant les falaises actuelles de Santorin et de Therasia est coupé à pic comme les laves sous-jacentes. Cet effondrement serait donc bien postérieur à l'apparition de l'homme et appartiendrait à l'époque quaternaire.

L'on sait, du reste, que dans les volcans de la Sonde, les éruptions actuelles ont, à différentes reprises, rejeté des ponces qui flottaient sur l'Océan et y occupaient de grandes surfaces.

Laves.

SANTORIN. — Les laves provenant des éruptions de 1866 à Nea-Kammeni près de Santorin ont été étudiées au microscope par M. F. Zirkel (1). Dans leur pâte qui est partiellement dévitrifiée, il indique des cristaux de feldspaths paraissant se rapporter pour la plupart au sanidine. Ils sont complétement transparents étant réduits en plaques très-minces; l'on y distingue alors des aiguilles microscopiques allongées, identiques avec celles que renferme la pâte et dont la longueur peut se réduire à $0^{mm},001$ et atteint $0^{mm},1$ dans les plus grandes. Ces aiguilles semblent à M. Zirkel être les mêmes que celles qu'il a observées dans le quartz des granites, ainsi que dans les feldspaths et dans le quartz de l'eurite et du trachyte (2).

Le feldspath renferme d'ailleurs des enclaves vitreuses dans lesquelles on voit quelquefois des cavités ayant la forme de bulles; les plus grosses de ces enclaves vitreuses n'ont guère que $0^{mm},05$ de diamètre. Quand les enclaves sont poreuses, des cristaux se sont développés surtout vers le centre.

Dans les laves de Nea-Kammeni qu'il a examinées, M. Zirkel n'a

(1) *Neues Jahrbuch*, 1866, p. 769.
(2) *Sitzungsber, d. Wien. Acad.*, XLVII, 1863, 233.

pas rencontré d'enclaves liquides, mais de nombreuses cellules arrondies qui ont vraisemblablement été produites par des gaz. On y observe en outre du fer oxydulé, du péridot dans lequel se distinguent même des enclaves vitreuses et qui ressemble à celui des scories de nos foyers métallurgiques.

Comme le remarque M. Zirkel, la structure de cette lave de Santorin montre bien que ces minéraux ont cristallisé au milieu d'une pâte qu'ils ont quelquefois enveloppée et qui est restée la dernière à l'état liquide.

— Les laves rejetées dans les éruptions anciennes et récentes de Santorin ont également attiré l'attention de divers chimistes qui les ont analysées.

Donnons d'abord les résultats obtenus par M. Ch. de Hauer (1).

I. *Laves des éruptions récentes.*

A Lave celluleuse et scoriacée, à minéraux peu distincts; de l'île Aphroessa.

B Compacte, noire, à pâte semi-vitreuse, présentant une cassure incomplétement conchoïde et seulement quelques cellules; du cratère Georges Ier.

C Très-cassante, d'un noir de poix éclatant, ayant de rares cellules à l'intérieur qui grossissent vers la partie extérieure; de l'île Reka. Des efflorescences blanches de chlorure de sodium et de sulfate de soude se sont formées à la surface de cette roche.

D Bombe volcanique, allongée, noirâtre et cassante à la surface, devenant grise et poreuse vers le centre; elle a été lancée par le cratère Georges Ier.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^3O^4	FeO	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
A	2,389	67,35	15,72	1,94	4,03	—	3,60	1,16	1,86	5,04	0,36	101,06
B	2,524	67,24	13,72	2,75	4,19	—	3,46	1,22	2,57	4,90	0,54	100,59
C	2,414	67,16	14,98	2,43	3,99	—	3,40	0,96	1,65	4,59	0,49	99,65
D	2,167	66,62	14,79	2,70	4,28	0,16	3,99	1,03	3,04	3,79	0,38	100,78

Parmi les autres analyses de laves récentes de Santorin, citons encore celles de M. Christomannos (2) :

A Lave brune de la partie soulevée récemment au-dessus de la mer.

B Lave plus compacte de la partie soulevée.

C Déjections ponceuses.

(1) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Th. Engelbach, 1866, 963. — *Jahrbuch der geolog. Reichsanstalt*, XVI, 67, 78.— *Jahrb. Min.*, 1866, 459, 837.

(2) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Th. Engelbach, 1866, 964. — *Wien. Acad. Ber.*, LIII (2 Abth), 449.

Et celles de M. A. Terreil (1) :

D Lave ayant une densité de 2,295, brun-noirâtre, avec nombreuses lamelles blanches de feldspath.

E Feldspath extrait de la lave précédente.

	SiO^2	TiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	MgO	CaO	NaO	KO	LiO	Perte au feu.	Somme.
A	65,3	1 75	17,62	1,5	3,1	1,05	0,65	2,92	5,66	0.58	»	»	100,03
B	66,5	1,25	16,2	1,11	3,6	0,875	0,55	3,24	5,37	1.02	»	»	99,715
C	68,0	»	18,2	0,96	2,8	traces	traces	3,45	6.6		»	»	100,01
D	68,39	»	15,07	4,26	3,83	»	0,70	3,19	3,86	0,73	traces	traces*.	100,03**
E	68,42	»	17,89	traces	»	»	traces	4,73	8,96		»	»	100,00

* Traces de lithine. ** Traces d'une substance organique azotée.

Ces laves récentes de Santorin ont une assez grande richesse en silice. L'on y distingue des cristaux de feldspath, spécialement d'anorthose. Leurs cellules sont tapissées par un agrégat composé de feldspath blanc vitreux, de péridot et de fer oxydulé. Elles fondent en un verre noir et les acides ne les attaquent que faiblement.

Le feldspath de l'échantillon analysé par M. Terreil est de l'anorthose dont la composition est à peu près celle de l'albite. Ce résultat est intéressant à signaler, car l'albite entre assez rarement dans la composition des roches. Nous rappellerons d'ailleurs à ce sujet que M. Delesse a déjà constaté que l'albite forme aussi l'élément constituant de certains porphyres des Vosges (2).

II. *Laves des éruptions anciennes.*

A Lave finement celluleuse, à pâte grise dominante, contenant du fer oxydulé et quelques lamelles feldspathiques, de Nea-Kammeni.

B Noire, semblable à de la poix, avec de rares lamelles d'un feldspath ayant l'éclat vitreux ; des bords du petit lac d'eau douce de Nea-Kammeni.

C Scorie noire, à cellules tantôt vides, tantôt remplies de feldspath vitreux ; de Thera à Santorin, près du niveau de la mer.

D Lave ancienne de Santorin, dure, gris sombre, à pâte noire, compacte, dans laquelle sont régulièrement disséminés des grains de péridot accompagnés de feldspath.

(1) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Engelbach, 1866, 965. — *Comptes rendus*, LXII, 1299.

(2) Delesse. *Annales des mines*, t. XI. Grauwake.

Ces analyses ont été faites par M. Ch. de Hauer.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	FeO*	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
A	2,566	67,05	15,49	5,77	3,41	0,77	2,34	4,65	0,47	99,94
B	2,544	68,26	23,03		2,36	0,70	5,11**		0.55	100.00
C	2,507	68,12	14,52	5,73	3,68	0,64	2,23	4,96	0,43	100,31
D	2,801	55,16	5,94	9,56	8,90	8,90	1,45	3,21	1,07	100,39

* En partie à l'état de fer oxydulé. — ** Calculé d'après la perte.

De même que les laves récentes de Santorin, ces dernières fondent en un verre noir; de plus elles s'attaquent faiblement par les acides, comme on le constate pour toutes les laves qui sont riches en silice.

Iles Maï. — Les îles Maï résultent de l'éruption qui a eu lieu en 1866 dans le golfe de Santorin et tirent leur nom du mois pendant lequel elles ont pris naissance. M. Ch. de Hauer (1) a examiné les laves qui les composent, et les rapporte aux deux types suivants :

A Lave gris clair, celluleuse, contenant beaucoup de feldspath anorthite, ainsi que du péridot jaunâtre et de l'augite vert foncé; l'acide en dissout environ 59 p. 100. Elle se trouve dans l'île de Maï occidentale.

B Lave d'un noir de poix, peu celluleuse, renfermant peu de feldspath. Elle se trouve dans l'île Maï orientale ainsi que dans l'occidentale.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	CaO	MgO	FeO	MnO	KO	NaO	Somme.
A	2,840	51,62	18,18	11,89	4,82	10,55*	0,11	0,39	2,59	100,15
B	2,41	66,15	15,15	3,48	1,08	6,81*	traces	2,19	5,22	100,08

(*) Avec un peu de fer oxydulé.

Les îles Maï présentent donc deux sortes de laves et d'après leur teneur en silice, les unes sont basiques, tandis que les autres sont acides. Ces dernières ont d'ailleurs la même composition que celles dont l'éruption a produit l'île Reka.

(1) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Th. Engelbach, 1866, 965. — *Jahrb. Min.*, 1866, 769.

VÉSUVE. — Les laves rejetées par le Vésuve à différentes époques ont été analysées par M. C. W. C. Fuchs (1). Rangées par ordre chronologique depuis le XIe siècle jusqu'à l'époque actuelle, elles présentent les caractères qui suivent :

I de 1036. — Sa couleur est gris foncé, sa structure porphyrique ; des cristaux blancs non reconnaissables sont disséminés dans sa pâte qui est grenue.

II de 1631. — Couleur gris clair ; pâte grenue dans laquelle l'on distingue de l'augite vert foncé et des cristaux de sodalite.

III de 1694. — Gris foncé, finement grenue, ressemblant à une lave basaltique.

IV de 1717. — Pâte finement grenue, à base de sodalite avec beaucoup de cristaux d'augite qui lui donnent la structure porphyrique.

V de 1730. — Très-celluleuse, à grain très-fin, ayant l'aspect d'une lave amphigénique.

VI de 1731. — Gris foncé et très-grenue ; elle contient peu d'augite, mais beaucoup d'amphigène et en outre du fer oxydulé.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	CL	HO	Somme.
I	2,87	48,17	16,32	7,83	3,94	9,69	5,91	3,36	5,10	0,31	0,19	100,82
II	2,77	46,41	19,67	6,88	4,17	10,53	5,23	4,99	2,02	0,41	0,11	100,42
III	2,82	47,78	16,58	7,46	4,41	10,24	4,99	6,42	1,91	traces	0,34	100,13
IV	2,83	46,41	16,57	7,96	4,85	11,02	5,44	4,33	3,91	0,30	»	100,69
V	2,79	47,81	17,52	5,61	4,03	10,78	5,86	4,97	3,05	0,05	»	99,69
VI	2,70	48,02	22,95	3,51	4,36	10,34	4,92	4,51	1,51	»	»	100,12

En comparant ces analyses, l'on voit que la lave du Vésuve n'a pas une composition qui soit absolument constante. Dans cette durée de plusieurs siècles, sur laquelle portent les observations, sa composition ne paraît pas varier d'une manière continue ; elle présente au contraire des oscillations, mais ces dernières sont comprises dans des limites assez étroites. Les conditions dans lesquelles se forme la lave du Vésuve sont donc restées à peu près les mêmes pendant tout ce temps.

Les différences obtenues dans la composition chimique s'expliquent d'ailleurs facilement, par la dissolution que cette lave exerce sur ses parois ; quant aux différences dans la composition minéralogique, elles doivent surtout être attribuées aux conditions du refroidissement.

(1) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Th. Engelbach, 1866, 967. — *Jahrb. Min.*, 1866, 667.

TÉNÉRIFE. — M. V. Wartha (1) a fait l'analyse de deux laves de Ténérife.

A Lave basaltique de Guimar, rejetée pendant l'éruption de 1705; sa perte au feu s'élève à 1 p. 100 et réduite en poudre elle a une densité de 3,1303.

B Lave de basanite, rejetée pendant l'éruption de 1706; elle a détruit la ville et le port de Garachico. $d = 2,929$.

	SiO^2	TiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	StO	KO	NaO	Somme.
A	44,64	»	16,55	6,53	7,52	11,25	9,52	»	1,34	2,47	100,82
B	49,64	0,37	22,92	5,07 *	5,98	9,02	3,91	0,14	1,04	1,89	100,84 **

* Traces de titane de strontiane, de baryte. — ** Traces de baryte.

M. Kenngott indique dans la lave de Ténérife de l'anorthite, de l'augite, du péridot, du fer oxydulé.

NOUVELLE-ZÉLANDE. — M. S. Haughton (2) a analysé deux laves augitiques celluleuses provenant de la Nouvelle-Zélande. La partie soluble et la partie insoluble dans l'acide chlorhydrique ont été spécialement examinées.

A Lave boursouflée du mont Eden, Auckland.
B Lave caverneuse de Dunedin.

		p. 100	SiO^2	TiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	NaO	KO	Somme.
A	Partie soluble. . .	38,2	13,50	0,31	2,90	0,60	5,70	0,10	2,52	8,55	2,23	0,23	36,64
	Partie insoluble. .	61,8	33,20	1,10	8,80	2,14	2,70	0,16	5,40	2,76	3,74	0,54	60,54
B	Partie soluble. . .	40,4	9,24	0,30	4,44	4,07	4,43	0,10	2,13	6,09	0,83	0,21	31,84*
	Partie insoluble. .	59,6	33,00	0,80	9,00	2,09	1,15	0,16	8,08	3,04	1,76	0,88	59,96

(*) La partie (8,56) complétant le chiffre 40,4, se compose d'acide carbonique d'eau et des pertes.

Il importe d'observer que ces laves contiennent des carbonates qui sont comptés dans leur partie soluble; elles offrent donc un exemple assez remarquable de carbonates qui sont originaires dans des roches éruptives, et dont la formation ne saurait être attribuée à des phénomènes de décomposition (3).

(1) Kenngott : *Uebersicht der Mineralogischer Forschungen*, 1862-65, page 347.

(2) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Engelbach, 1866, 967.— *Phil. mag.* [4], XXXII, 221. — *Bulletin de la Société chimique.*

(3) Delesse. *Origine des roches.*

Basanite.

SAINT-PAUL. — M. Ch. de Hauer (1) a analysé des roches volcaniques rapportées de l'île Saint-Paul par M. F. de Hochstetter :

A Basanite grenu.
B Lave compacte dont la composition diffère peu de la roche précédente.

	SiO^2	Al^2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
A	51,09	18,48	13,49	0,05	8,72	4,12	1,78	1,99	0,78	100,50
B	51,69	16,26	15,26	0,06	7,76	4,37	1,90	2,00	0,23	99,53

NOUVELLE-ZÉLANDE. — Une roche volcanique de Dunedin dans la Nouvelle-Zélande, a été analysée par M. S. Haughton.

SiO^2	Al^2O^3	Fe_2O^3	FeO	MnO	CaO	MgO	NaO	KO	Somme.
46,60	16,80	7,28	5,76	0,72	9,65	6,89	6,78	2,08	102,56

Cette roche renferme des cristaux d'augite et de péridot, ce qui porterait à la rapporter au basalte; mais comme elle ne contient pas d'eau, il convient de la classer au basanite.

Teschenite.

M. Hohenegger a donné le nom de *teschenite* à une roche considérée d'abord comme diorite ou diabase, qui se montre aux environs de Teschen et qui est très-développée dans la Moravie, ainsi que dans la Silésie autrichienne.

D'après l'étude qu'en a faite M. Tschermak (3), la teschenite peut contenir tantôt de l'hornblende, tantôt de l'augite; du reste, comme ces variétés passent l'une à l'autre et se trouvent dans le même gisement, il n'est pas possible de les séparer ni de leur donner des noms différents.

(1) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Th. Engelbach, 1866, [illegible].— *Jahrbuch der geologischen Reichsanstalt*, XVI, 121.
(2) *Jahresbericht der Chemie* von H. Will und Th. Engelbach, 1866, 975. — *Phil. mag.* [4], XXXII, 221.
(3) *Sitzungsber ichte der K. Academie der Wissenschaften*, tome LIII.

M. Tschermak définit la teschenite comme une roche franchement cristalline et qui est souvent à gros grain. Elle n'a pas une structure porphyrique. On y observe un feldspath anorthose blanc verdâtre, de l'amphibole hornblende en prismes allongés et très-brillants, fréquemment des cristaux d'augite, de l'analcime blanche qui est intimement engagée dans les parties feldspathiques. Il y a aussi un peu de fer oxydulé, de mica (biotite), d'apatite, ainsi que de natrolithe et d'apophyllite. Quand on la laisse séjourner dans un acide, il se sépare de la silice gélatineuse produite par l'attaque de l'analcime; et il peut même arriver que, par suite de la dissolution de son ciment, la roche se désagrége en une sorte d'arène grossière. L'augite est assez souvent pseudomorphosé et changé en terre verte.

D'après sa composition et sa structure, la teschenite se rapproche de la dolérite cristalline du Meissner et du Kaiserstuhl, ainsi que de la néphélinite. M. Tschermak observe, en effet, que ces roches, bien que très-basiques, contiennent de l'hornblende et de l'analcime.

En faisant l'analyse de l'analcime, blanche, compacte de la teschenite de Punzau, il a obtenu la composition suivante qui est bien celle de ce minéral :

SiO^2	Al^2O^3	CaO	KO	NaO	HO	Somme.
54,8	23,1	0,2	0,8	13,0	8,3	100,2

Voici maintenant les résultats donnés par l'analyse de trois variétés de teschenite.

A Teschenite avec hornblende du Boguschowitz. Son feldspath paraît être de l'anorthite et être accompagné de quelques lamelles de sanidine? L'analcime est intimement mélangée, l'hornblende a la forme de l'hornblende basaltique et ses prismes atteignent 2 pouces; ils sont accompagnés d'un peu d'augite. On distingue des aiguilles d'apatite et très-peu de fer oxydulé. $d = 2,801$. L'analyse a été faite par M. P. Juhasz.

B Teschenite avec augite de Boguschowitz. Elle ressemble beaucoup à la précédente à laquelle elle passe. L'augite y est noir et peut dépasser 2 centimètres; il est accompagné de fer oxydulé. L'apatite s'y montre encore en aiguilles. Dans certaines parties l'on observe de la natrolithe rayonnée, plus rarement des grains de pyrite ou de chaux carbonatée. $d = 2,865$. Sa composition a été déterminée par M. A. Siegmund.

C Teschenite altérée de Kotzobenz. C'est un mélange grenu d'orthose ver-

dâtre avec du mica noir, de l'augite et de l'hornblende décomposés et de la chaux carbonatée. Il y a aussi un peu d'analcime dans les interstices des parties feldspathiques. $d = 2{,}725$. M. Tschermak indique d'ailleurs de l'analcine pseudomorphosée et contenant 27 p. 100 de chaux carbonatée, en sorte que cette roche aurait été altérée. L'analyse en a été faite par par M. J. Eittel.

	SiO²	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	PO	Fl	CO_2	Somme.
A	44,39	16,83	6,69	4,60	9,28	3,59	3,89	3,80	3,76	1,25	0,88	—	98,46
B	48,18	11,80	9,79	5,90	7,50	6,05	1,57	3,46	3,20	0,49	—	0,71	98,65
C	40,82	14,99	5,84	4,78	11,31	4,85	—	3,84	3,91	—	—	8,94	99,28

M. Tschermak fait remarquer que l'échantillon A présente une très-grande proportion de bases qu'il est rare de trouver dans les roches, surtout quand elles contiennent de l'hornblende; sous ce rapport il se rapproche de la néphelinite de Lobau analysée par M. Heidepriem et d'une lave de Fogo analysée par M. Charles Sainte-Claire Deville. Quant à l'échantillon B il diffère très-peu de certains basaltes tels que celui de Steinsberg (Petersen) et d'Esja (Bunsen). Observons aussi que la teschenite contient de l'apatite, comme beaucoup de roches éruptives, et dans l'échantillon A il n'y en a pas moins de 3 p. 100.

La teschenite peut être considérée comme une dolérite avec hornblende et analcime. Elle est très-abondante au nord de Teschen, près Sohle, Senftleben, Kojetin, Stranik.

On en trouve des variétés grenues près Ellgoth et à Olsaufer, près Schimoradz. Du reste la teschenite est associée à une autre roche, la pikrite, qui sera décrite un peu plus loin et de même que pour cette dernière l'époque de son éruption reste comprise, d'après M. Hohenegger, entre le crétacé inférieur et le crétacé moyen.

Dolérite.

HONGRIE. TRANSYLVANIE. — M. E. de Sommaruga (1) a fait des analyses de dolérites des environs de Waitzen.

I Dolérite grise, légèrement grenue, de Tepkei Hegy.
II Dolérite noire, compacte, avec un peu d'anorthose (labrador), péridot et augite, de Nagy Berczel.

(1) *Jahresbericht der Chemie*, 1866, 973.

III Dolérite à pâte noire, finement grenue, contenant du feldspath vert-jaunâtre et des grains de péridot, de Szandavar.
IV Dolérite grise avec cristaux d'anorthose (labrador) et péridot de Berczel Hegy.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
I	2,688	55,84	17,35	12,40	6,62	1,10	2,24	0,92	3,08	99,55
II	2,742	55,07	17,38	11,12	7,72	1,83	1,92	2,00	2,46	99,52
III	2,745	56,03	20,85	9,86	8,36	0,56	2,37	2,06	0,85	100,94
IV	2,768	53,75	19,02	10,79	8,73	2,22	2,21	1,57	2,01	100,30

Basalte.

Hongrie. — Des basaltes et une anamésite provenant des environs de Waitzen ont encore été analysés par M. E. de Sommaruga :

I Anamésite contenant du feldspath blanc disséminé dans une pâte noire et compacte; de Tepkei Hegy.
II Basalte en masses globuleuses, contenant quelques cristaux d'anorthose et des grains de péridot, de Csörög Hegy.
III Basalte en tout semblable au précédent, mais se séparant en plaques; de Csörög Hegy.

	Densité.	SiO^2	Al^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	Perte au feu.	Somme.
I	2,663	59,77	17,43	10,12	5,33	1,85	2,06	2,06	1,38	100,00
II	2,726	56,62	14,20	13,05	4,97	1,85	3,16	3,15	3,00	100,00
III	2,676	56,42	14,62	13,56	5,79	1,05	2,66	2,66	3,24	100,00

Métaux divers qui se rencontrent dans le basalte.

L'existence du rubidium, du vanadium, du lithium et de divers métaux a été constatée dans le basalte, par M. Th. Engelbach (1).

Le basalte d'Annerod près de Giessen, sur lequel M. Engelbach a opéré contient, en effet, du lithium et du rubidium ; on y trouve aussi du cuivre, 0,104 p. 100 ; cobalt, plomb, étain, traces ; environ 1 p. 100 d'acide titanique ; enfin du chrome et du vanadium ;

(1) *Annalen der Chemie*, t. CXXXV, p. 123, nouvelle série, t. LIX. Juillet 1865. — *Bulletin de la Société chimique de Paris*, p. 117. Février 1866.

Dans deux traitements faits d'après la méthode de M. Wöhler, on a obtenu en moyenne 0,026 p. 100 d'oxyde de chrome pur, et 0,012 p. 100 d'acide vanadique pur, se prenant en masse cristalline après le refroidissement; 2 grammes de substance suffisent pour reconnaître l'existence de ces deux métaux.

L'origine éruptive du basalte explique comment il peut renfermer les métaux des gîtes métallifères : mais la présence de métaux aussi rares que le vanadium, le lithium, le rubidium était particulièrement intéressante à constater.

Roches Trappéennes.

Trapp.

ÉCOSSE. — M. A. Geikie (1) a décrit un ensemble de roches éruptives qui séparent le terrain permien des assises carbonifères dans le sud-ouest de l'Écosse. Ces roches sont des espèces de mélaphyres amygdaloïdes et elles alternent avec des lits auxquels les géologues anglais donnent le nom assez impropre de *cendres*. M. Geikie pense qu'elles sont essentiellement volcaniques : comme, d'ailleurs, elles sont stratifiées au milieu des grès permiens, il y voit la preuve de l'existence des volcans pendant la période permienne.

Quoi qu'il en soit de cette hypothèse, ces roches trappéennes sont constituées par un mélange de labrador et de fer oligiste, quelquefois avec un peu d'augite; leur couleur est le rouge foncé ou le brun; leur structure est scoriacée et elles sont accompagnées de tufs.

Ophite.

On sait qu'il existe, sur un grand nombre de points de la chaîne des Pyrénées, une roche particulière désignée sous le nom d'ophite et dont l'origine soulève des problèmes fort délicats. Palassou, de Charpentier, Dufrénoy la considéraient comme une roche éruptive, et la même opinion a été adoptée par MM. Raulin, Leymerie, Eugène Jacquot et par les géologues qui l'ont étudiée; il faut toutefois en excepter M. Virlet d'Aoust (2); pour lui l'ophite serait une roche sédimentaire métamorphique appartenant à l'étage du muschelkalk.

(1) *Geol. Mag.*, III, 243.
(2) *Comptes rendus*, LVII, 332.

M. Noguès (1) a entrepris, pour éclairer cette question, une série de recherches dans les Pyrénées et dans les Corbières et elles l'ont conduit à des vues différentes.

Pour lui, comme pour la plupart des géologues, l'ophite est une roche éruptive et non un sédiment métamorphique; elle ne saurait constituer un membre de la série triasique.

Il y a eu plusieurs époques d'éruptions ophitiques antérieures aux terrains tertiaires; car les ophites paraissent avoir disloqué fortement les terrains jurassique, crétacé et nummulitique. L'éruption a commencé avec le lias ou le trias pour finir avec l'éocène (2).

Au point de vue de la composition, l'ophite est une roche très-complexe, qui se rapporte à divers types connus. D'après cela il conviendrait, suivant M. Noguès, de rejeter le nom d'ophite pour adopter, dans chaque cas particulier, celui qui convient à la nature minéralogique de la roche, comme cela résulte du tableau suivant :

Diorite ou diabase. . . .	(Tous les départements pyrénéens, les Landes, les Corbières, Pouzac).
Amphibolite.	(Gare d'Oléron, Pyrénées centrales, Corbières).
Lherzolite ou pyroxénite.	(Lherz, salines d'Anana, Landes).
Porphyre.	(Ségure, Tuchan (Aude)).
Eurite	(Fiton, Treilles).
Spilite	(Gléon, Villesèque, Sainte-Eugénie, Treilles, Ségure, etc.).

Assurément il est bon de définir toujours de la manière la plus précise, la composition minéralogique d'une roche; mais souvent des roches ayant même composition minéralogique sont d'âge différent; et d'un autre côté, des roches de même âge ne sont pas nécessairement formées des mêmes minéraux. Par conséquent, il y aurait inconvénient à supprimer le nom d'ophite, adopté par tous les géologues qui ont étudié les Pyrénées et s'appliquant à un ensemble de roches qui, malgré des différences dans leur composition minéralogique, présentent des caractères géologiques communs.

(1) *Bulletin de la Société géologique*, XXIII, 595.
(2) *Revue de Géologie*, t. III, 189.

Pikrite.

M. G. Tschermak (1) a donné le nom de pikrite à une roche qui est associée à la teschenite de laquelle nous avons parlé précédemment. Ses caractères la rapprochent du basalte et de l'anamésite avec lesquels on la confondait. Elle est tenace et présente habituellement une couleur vert-noirâtre et une structure grenue. Sa pâte est compacte et contient des cristaux de péridot avec de petits grains de fer oxydulé. Le péridot constitue environ la moitié de la roche dans laquelle il se fond, en sorte qu'il n'est pas toujours facile à distinguer. Les minéraux qui composent la pikrite se reconnaissent plus facilement en la traitant par un acide faible ; du reste, elle est presque entièrement décomposée par un acide fort.

A Pikrite de Sohle près Neutitschein ; à pâte noire, avec beaucoup de péridot, du feldspath grenu, du fer oxydulé, quelques lamelles de mica et même un peu d'hornblende. $d = 2{,}961$.

B Pikrite de Freiberg et de Gumbelberg. Elle contient les mêmes minéraux que la précédente et de plus elle est traversée par de petites veines de serpentine $d = 2{,}960$. Son analyse a été faite par M. P. Juhasz dans le laboratoire de M. Redtenbacher.

C Pikrite de Schönau. Elle se distingue des précédentes par une grande richesse en mica vert foncé et par l'invisibilité des cristaux de péridot ; ces derniers se reconnaissent cependant lorsqu'elle a été exposée à l'air ou traitée par un acide faible. Dans la pâte on distingue d'ailleurs du feldspath grenu, du fer oxydulé, de l'augite, quelques aiguilles d'apatite, de la chaux carbonatée et un peu de serpentine. $d = 3.029$. L'analyse a été faite par M. F. E. Szameit.

D Pikrite de Söhle ; variété qui paraît être décomposée, car elle contient du péridot pseudomorphosé (2) ainsi que des parties vertes feuilletées, ayant seulement la dureté du gypse, la forme de cristaux de pyroxène et paraissant devoir être rapportées au diallage. Il y a encore des cristaux d'hornblende, des lamelles de mica foncé, du fer oxydulé, une sorte de gymnite ou de palagonite. L'analyse a été faite par M. V. Slechta.

E Pikrite de Bystrye ; elle contient des cristaux pseudomorphosés de péridot se laissant facilement détacher de la pâte qui est compacte et ressemble à de la serpentine. M. Tschermak pense que cette variété est encore plus décomposée que la précédente. L'analyse a été faite par M. J. Posch.

---

(1) *Akad. der Wissenschaften Wien*, tome LIII. — *Jahresbericht der Chemie*, 1866, 977.

(2) *Revue de géologie*, tome IV, page 110.

	SiO^2	Al^2O^3	Fe^2O^3	FeO	CaO	MgO	KO	NaO	HO	CO^2	Somme.
A	38,09	10,3	4,9	7.0	6,0	23,6	0,8	1,3	4,5	1,8	99,1
B	40,79	10,41	3,52	6,39	8,48	23,34	0,71	1,71	4,04	—	99,19
C	38,72	10,19	6,30	6,14	10,37	18,59	1,57	1,50	3,96	2,93	100,27
D	42,85	10,42	6,27	6,86	11,84	9,01	1,61	1,65	2,70	5,88	99,09
E	33,01	15,83	2,75	7,62	13.61	7,28	1,81	0,59	4,23	11,97	98,70

Constatons la richesse en magnésie de cette roche qui motive le nom de pikrite par lequel elle est désignée.

Suivant M. Tschermack elle contiendrait d'autant moins de magnésie et d'autant plus de carbonate de chaux que sa décomposition serait plus avancée. Rien ne s'oppose cependant à ce que la pikrite ne renferme du carbonate de chaux originaire, de même qu'on l'observe dans beaucoup d'autres roches éruptives.

Comme exemple de pikrite avec péridot pseudomorphosé, M. Tschermak mentionne un gisement près Hotzendorf, au sud de Neutitschein, où cette roche recouvre sur 5 mètres d'épaisseur le grès de Grodisch (Hohenegger).

De la pikrite amygdaloïde est citée à Alttitschein, à Kojetein, à Freiberg; près Wolfsdorf elle est traversée par des veines de chaux carbonatée spathique et d'arragonite qui ont o^m,15 d'épaisseur.

Lorsque la pikrite se décompose, il arrive souvent qu'elle se délite en sphéroïdes, comme le basalte et l'ophite. Alors le péridot, le diallage, l'hornblende se reconnaissent bien dans les parties extérieures qui sont en voie de désagrégation et le mica devient surtout très-visible.

De même que la teschenite, la pikrite forme de petites collines isolées; toutefois le plus souvent elle s'observe au pied ou sur les flancs de masses sédimentaires dans lesquelles elle est intercalée ou bien avec lesquelles elle alterne. Rarement elle se montre en filons, comme à Söhle et à Kojetin.

La pikrite et la teschenite ont fait éruption pendant le terrain crétacé inférieur et moyen; mais on ne les trouve plus dans le crétacé supérieur.

On voit que, d'après ses caractères, la pikrite est intermédiaire entre le basalte et la serpentine; par sa grande richesse en péridot, dont elle renferme environ la moitié de son poids, elle se rapproche aussi de la péridotite (Lherzolithe, Dunite, Olivinfels) (1).

(1) *Revue de géologie*, III, 114; IV, 60; V, 77.

Il nous paraît que certaines variétés de nos ophites des Pyrénées pourraient lui être rapportées.

A mesure que l'étude chimique des roches fait des progrès, l'on rencontre des types intermédiaires entre les espèces qui ont été d'abord établies soit d'après l'usage, soit d'après leurs caractères minéralogiques les plus apparents.

Remarquons, du reste, qu'il en est de même en paléontologie où de nouvelles espèces viennent chaque jour s'ajouter à celles qui sont déjà connues, ménageant entre ces dernières une sorte de transition.

BULLETIN.

Ce bulletin est extrait par M. Delesse, Ingénieur en chef des Mines, de divers documents transmis par l'Administration.

Production du fer et des combustibles minéraux aux États-Unis en 1866.

New-York, 20 février 1867.

La production des combustibles minéraux, aux États-Unis, a été évaluée pour l'exercice 1866 à 26 millions de tonnes.

L'anthracite de Pennsylvanie entre dans ce chiffre pour 12.899.747 tonnes, et la houille bitumineuse du bassin de Cundeerland, dans le Maryland, pour 1.079.331 tonnes.

La Pennsylvanie ne contient pas seulement des dépôts de charbon dur ou anthracite; elle est aussi riche en charbon bitumineux, mais l'extraction de ces dernières espèces est loin d'avoir pris encore les développements qu'elle comporte.

— L'industrie du fer est en progrès aux États-Unis et l'on a estimé aux quantités suivantes la production de 1866 :

Fonte brute	329.959	tonnes.
Rails	339.164	—
Fonte ouvrée	480.326	—
Fers sous différentes formes	600.939	—
Acier	14.923	—

Ces chiffres ne sont sans doute qu'approximatifs; ils font voir, néanmoins, la marche rapide que les arts métallurgiques suivent aux États-Unis.

La Pennsylvanie figure, d'ailleurs, au premier rang parmi les États adonnés à l'industrie du fer; elle a produit en 1866 :

Fonte	497.584	tonnes.
Rails	180.854	—

L'État de New-York ne vient qu'en seconde ligne et la troisième place appartient à l'Ohio.

Philadelphie est également la ville de l'Union qui possède la population ouvrière la plus considérable. Ses manufactures occupent, paraît-il, 96.683 personnes, tandis que les ateliers de New-York en renferment seulement 80.264, et ceux de Cincinnati 29.501. C'est toutefois à New-York que la moyenne des recettes brutes des travailleurs est la plus élevée.

(*Extrait d'une dépêche adressée à M. le Ministre des affaires étrangères par M.* GAULDRÉE-BOILLEAU, *consul général de France aux États-Unis.*)

Accident occasionné par le grisou à Ferndale.

Liverpool, le 12 novembre 1867.

Il y a quelques jours, le feu grisou a éclaté dans la mine de Ferndale, l'une des houillères de la petite vallée de Rhondda, près de Pontypridd, dans le comté de Glamorgan, et il y a fait de nombreuses victimes.

La mine de Ferndale fournit journellement de 5 à 600 tonnes de charbon et emploie plus de 350 ouvriers. Elle occupe une étendue de 1.200 acres qui n'est pas entièrement exploitée et fait partie de ce groupe de gisements profonds qui abondent dans la vallée de Rhondda. Elle passe pour une des houillères les mieux ventilées. Jusqu'à présent, elle n'avait donné lieu à aucun accident de ce genre.

Vendredi dernier, vers deux heures de l'après-midi, une effroyable détonation fut entendue à l'ouverture du puits. Aussitôt tous les ouvriers des districts environnants accoururent, des exprès furent envoyés aux propriétaires de l'établissement, à l'inspecteur du Gouvernement, et l'on requit l'assistance de tous les médecins du voisinage. Un corps de police se rendit également sur les lieux, et l'on commença à procéder au sauvetage. A quatre heures, l'inspecteur de la houillère descendit dans la mine suivi de quarante hommes et y resta jusqu'au lendemain à midi. On espérait sauver l'administrateur qui était au milieu des travaux pendant l'explosion et qui eût été d'un grand secours pour la direction du sauvetage. Il fut retrouvé, mais complétement inanimé. Des relais de travailleurs conduits par des ingénieurs appartenant aux houillères de Merthyr et d'Aberdare, se succédaient les uns aux autres; toutefois les difficultés que l'on rencontrait dans le dé-

blayement des galeries étaient telles qu'il se passait quelquefois plusieurs heures avant qu'on pût retrouver un seul corps.

Pendant les vingt-quatre heures qui suivirent l'arrivée des premiers secours, on parvint cependant à retirer de la mine 53 cadavres et 27 individus encore vivants, quelques-uns couverts de brûlures, le plus grand nombre à demi asphyxiés.

On sait que lorsque le grisou éclate, la flamme parçourt toutes les galeries avec la rapidité de l'éclair et pénètre dans les recoins les plus écartés en mettant le feu aux poussières et aux gaz combustibles qui s'y trouvent. La vie de l'homme est atteinte subitement par cette traînée de flammes et par les gaz délétères qui s'en dégagent; aussi la plupart des cadavres ne portaient-ils aucune trace de brûlures, et leurs traits étaient-ils aussi calmes que ceux de personnes endormies.

Les opérations de sauvetage ont continué pendant la journée de samedi et dans la nuit de samedi à dimanche, et l'on a pu, dans cet intervalle, retirer encore un certain nombre d'ouvriers mineurs.

On ignore la cause du sinistre et l'on ne peut l'attribuer qu'à l'imprudence d'un houilleur qui aura négligé de se servir de la lampe de sûreté employée dans les mines.

Le nombre des ouvriers au travail, lorsque l'explosion a eu lieu, s'élevait au chiffre de 400, et d'après les dernières nouvelles, le nombre des victimes atteindrait 170.

Malgré tous les efforts qui ont été faits, plusieurs galeries obstruées par suite de l'explosion n'ont pu être déblayées, et il a fallu renoncer à l'espoir que l'on conservait avant hier d'arracher encore à la mort quelques malheureux mineurs.

Si les premiers bruits qui se sont répandus avaient été confirmés, l'accident de Ferndale eût dépassé les célèbres explosions de Coks et de Hartley-Main, les plus terribles qui soient connues; c'est en tout cas l'une des plus grandes catastrophes dont les annales des mines puissent faire mention.

(Extrait d'une dépêche adressée à M. le Ministre des affaires étrangères par M. le Consul de France à Liverpool.)

Accidents occasionnés par le grisou à Batteslon, à Silverdale, à Homerhill, dans le Staffordshire.

Birmingham, le 27 novembre 1867.

L'année dernière avait déjà été attristée par les catastrophes survenues, à quelques jours de distance, à Barnsley et à la houillère de Talk of Hill, si mémorables par le grand nombre de victimes. Cette année, dans l'intervalle d'une seule semaine, l'on a eu à déplorer trois nouvelles explosions dans le Staffordshire, sans compter celle de Ferndale dans la vallée de Rhondda, comté de Glamorgan, qui a coûté la vie à plus de cent cinquante personnes.

En effet, le mercredi 6 novembre 1867, une explosion se produisait dans la houillère de Batteslon, à Hanley, comté de Stafford ; un des mineurs y perdait la vie et plusieurs y recevaient des blessures plus ou moins graves.

Le vendredi suivant, tandis que l'horrible catastrophe de Ferndale désolait tant de familles, on comptait trois autres victimes dans une explosion qui avait lieu à Silverdale, dans la partie nord du Staffordshire.

Enfin, le lundi suivant, à la houillère de Homerhill, à Cradley, comté de Stafford, seize ouvriers étaient sérieusement atteints par une troisième explosion de grisou et il s'ensuivait deux décès.

Les enquêtes judiciaires auxquelles ces exploisons ont donné lieu tendent à établir que la plupart auraient pu être prévenues, et que, tout au moins, il était facile d'en atténuer les conséquences

Pour s'en convaincre il suffit du reste de résumer ces enquêtes.

Enquête tenue à Batteslon. — Dans l'enquête tenue par le Coroner à Batteslon, l'inspecteur reconnaît bien qu'il était spécialement chargé de veiller à la sûreté de la mine. Il y est d'ailleurs descendu le matin même de l'explosion, et il a trouvé une accumulation de gaz dans les galeries. Avis en a été donné au gérant qui a ordonné de faire des travaux de boisage et de séparation, afin de refouler le grisou ; mais ses ordres n'ont pas été exécutés. Non-seulement cette précaution avait été négligée, mais encore l'inspecteur de la mine ne s'était pas donné la peine de redescendre dans le puits pour s'assurer si l'accumulation du gaz avait augmenté ; il avait même poussé l'imprudence jusqu'à permettre aux ouvriers de travailler à lampes ouvertes.

En outre, le *fireman*, l'agent à la vigilance duquel reste confiée

l'existence de tant de mineurs, n'avait pas la première des qualités requises pour remplir ses fonctions; il devait, en effet, pouvoir prendre connaissance du règlement, et il ne savait pas même lire.

Enquête tenue à Silverdale. — A Silverdale, la mine passait pour être suspecte et très-susceptible de faire explosion ; au dire du gérant, le puits n'était pas en état. M. Wynne, inspecteur de la mine pour le gouvernement, déclare que, malgré tout ce que l'on aurait pu faire pour améliorer les travaux d'exploitation, on n'aurait pu leur enlever leur caractère dangereux. Néanmoins, en dépit de ces constatations officielles, aucune précaution n'avait été prise, et, à Silverdale, l'on ne montre pas plus de prévoyance que si la mine offrait toute sécurité.

Le matin même de l'explosion, la mine n'est visitée qu'une heure après la descente des ouvriers dans le puits. L'inspecteur Élie Durber avoue que c'était bien à lui qu'il incombait de veiller à la sûreté de la houillère, mais qu'il s'était déchargé de cette obligation, sur l'une des victimes de l'accident. Il ajoute qu'il a ordonné aux hommes qui ont péri par l'explosion de boucher la dernière tranchée, afin d'intercepter le passage de l'air; toutefois il ne sait pas si cet ordre a été réellement exécuté.

De fait, dans cet accident comme dans le précédent, on donne des ordres et personne ne vérifie si les ouvriers s'y conforment. D'un autre côté, les ouvriers connaissaient l'état de la mine, et ils savaient que leur vie courait le plus grand danger, mais cela n'empêcha pas quelques-uns d'entre eux d'ouvrir leurs lampes; et il est bien visible que l'accident a été provoqué par de coupables imprudences.

Enquête tenue à Cradley. — L'explosion de Homerhill près de Cradley semble, au premier abord, être, plus que les deux précédentes, l'effet d'un accident; car, la ventilation y était parfaite, aussi bien avant qu'après l'événement. Il paraît probable que l'explosion d'Homerhill aura été produite par l'éboulement d'une certaine quantité de houille, ayant dégagé du grisou. Mais ici l'on trouve encore les ouvriers en défaut, puisque, d'après l'enquête, c'est le contact du gaz avec la lumière des lampes laissées ouvertes qui a causé l'accident.

Statistique des accidents dans les mines de houille du Royaume-Uni.

Ces accidents ramènent naturellement la pensée vers le rapport des inspecteurs des mines pour l'année 1866, qui vient d'être publié par le gouvernement anglais.

D'après ce document, en Angleterre, dans le pays de Galles et en Écosse, il y a 320.663 ouvriers du sexe masculin qui sont employés dans les mines et qui ont extrait, pendant l'année, 100.723.881 tonnes de houille. Ce travail d'exploitation se répartit entre 3.192 houillères, et a donné lieu à 857 accidents divers, ayant occasionné la mort de 1.484 personnes.

La proportion des accidents au nombre d'ouvriers a été de 1 sur 374 et celle des décès de 1 sur 216.

Dans le district comprenant les comtés de Derby, Nottingham, Leicester et Warwick, on compte 196 mines dans lesquelles 27.100 ouvriers ont produit 7.600.000 tonnes de houille en 1866. Ici, les accidents se trouvent réduits à 55 et ils font 58 victimes, soit proportionnellement un décès par 467 ouvriers.

Dans le district embrassant les comtés de Stafford, partie nord, de Chester et de Salop, 220 mines employant 20.210 ouvriers ont produit 5.500.000 tonnes de houille. On signale 47 accidents ayant coûté la vie à 181 personnes, soit dans la proportion de 1 sur 112 ouvriers.

Le Staffordshire, partie sud, et le comté de Worcester possèdent 544 mines exploitées par 27.000 hommes; en 1866, ces mines ont produit 10.300.000 tonnes de houille et il y a eu 96 accidents qui ont coûté la vie à 109 ouvriers : proportion 1 sur 248.

Les districts de Monmouth, Gloucester, Somerset et Devon entretiennent 26.000 hommes et enfants dans 228 mines, qui ont produit 6 millions de tonnes de houille l'an passé; nombre des accidents 75, des décès 81 : proportion 1 par 321 ouvriers.

Dans la partie sud du pays de Galles, le nombre des ouvriers est de 29.200; la quantité de charbon extraite de ses 338 houillères a été de 9.376.443 tonnes; le nombre des accidents graves de 113, celui des morts violentes 110, soit à raison de 1 sur 243 ouvriers.

Du reste ces accidents se répartissent de la manière suivante : sur le total constaté en 1866, 345 accidents ont été occasionnés par des éboulements de houille et des galeries; 153 sont survenus dans les puits de descente; 258 dans les galeries souterraines par suite d'explosions et d'autres causes, et 101 ont eu lieu à la surface.

La statistique des 1.484 décès produits par ces nombreux sinistres accuse l'énorme excédant de 500 sur l'exercice 1865, et se décompose ainsi :

361 décès ont été causés par des chutes; 162 par des accidents de toute nature dans les puits; 251 par des explosions de feu grisou; 203 sont arrivés souterrainement par des causes diverses, et 107 ont eu lieu dans les travaux de la surface.

Statistique des accidents dans les mines de fer.

La statistique des mines de fer donne des résultats moins affligeants.

La totalité des accidents ayant été de 80, indique une augmentation de 19 par rapport à l'année précédente. Trois de ces accidents sont dûs à des explosions de gaz, 42 à des éboulements de minerai et de galeries; 18 se sont produits dans les puits; 9 tiennent à des causes diverses dans les galeries, et les 8 derniers ont eu lieu à la surface.

La mortalité dans ces mêmes mines de fer a été répartie comme il suit : 4 décès provenant d'explosions, 18 survenus dans les puits, 9 dans les galeries par des causes diverses et 9 à la surface : c'est un total de 81 et une augmentation de 12 sur l'exercice précédent.

Secours organisés en Angleterre en faveur des victimes.

Les moyens employés par les Anglais pour secourir les victimes des catastrophes qui affligent les districts houillers, méritent aussi une mention spéciale.

Lorsqu'une explosion arrive, l'on ne se préoccupe guère que des victimes directes de l'accident; mais le coup qui prive un ouvrier de la vie frappe en même temps tous les membres de sa famille. C'est à ce moment que le caractère anglais se montre sous le jour le plus favorable, car l'on voit aussitôt la bienfaisance individuelle et l'esprit d'initiative suppléer aux lacunes des institutions ou à l'absence de l'État. La générosité publique et souvent aussi l'ostentation, viennent atténuer les conséquences de ces terribles événements.

C'est surtout dans les districts houillers que la munificence se montre très-éclairée et qu'elle sait atténuer les plus grands malheurs. Ainsi, lors qu'a sévi la crise cotonnière, lorsqu'est arrivée l'inondation de Sheffield, le chiffre des secours pécuniaires a dépassé celui des besoins.

Lorsque la catastrophe des houillères de Barnsley, et celle de Talk of the hill ont, l'année dernière, jeté la désolation dans le Yorkshire et dans le Staffordshire, non-seulement des comités de secours se sont formés sur les lieux mêmes, mais, en outre, une souscription centrale a été ouverte à Londres par les soins du lord maire.

Les promoteurs de ces souscriptions, guidés par l'expérience, ont eu soin, dans leur appel à la sympathie publique, d'annoncer que les sommes restant entre leurs mains serviraient à constituer un fonds destiné à venir en aide aux familles des victimes futures de calamités du même genre.

Cette manière de procéder des Anglais est digne d'attention, et il nous a paru utile de la signaler.

(*Extrait d'un rapport adressé à M. le Ministre des affaires étrangères, par* M. BOISSELIER, *consul de France à Birmingham.*)

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME DOUZIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

MÉTALLURGIE. — MINÉRALURGIE.

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

OBJETS DIVERS.

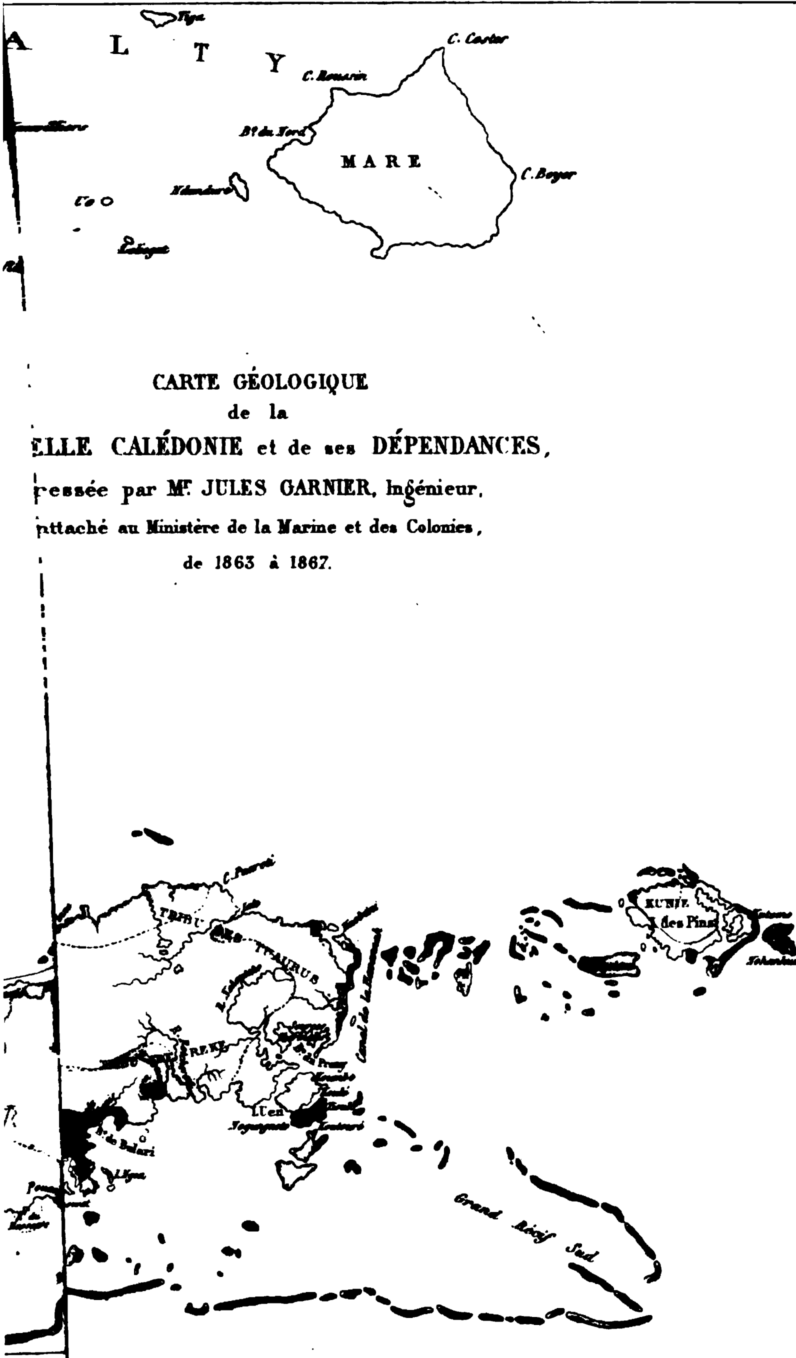
BULLETIN.

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME DOUZIÈME.

FIN DU TOME DOUZIÈME.

Paris. — Imprimé par E. Thunot et Cᵉ, rue Racine, 26.



Lemaitre. Graveur de l'Empereur. sc

Fig. 5

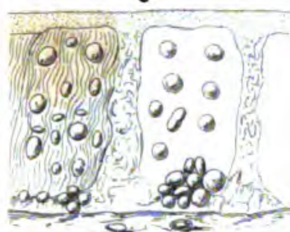


Fig. 6.

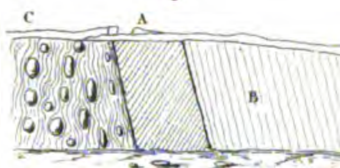
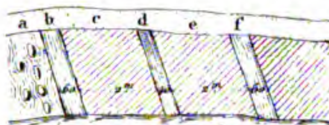


Fig. 8.



Pic Karikaté

Fig. 7.

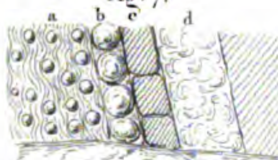


Fig. 10.



Fig. 9.

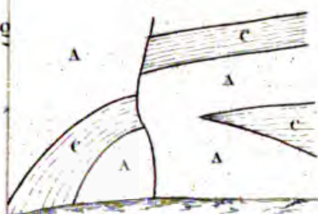
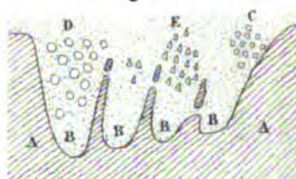


Fig. 11.

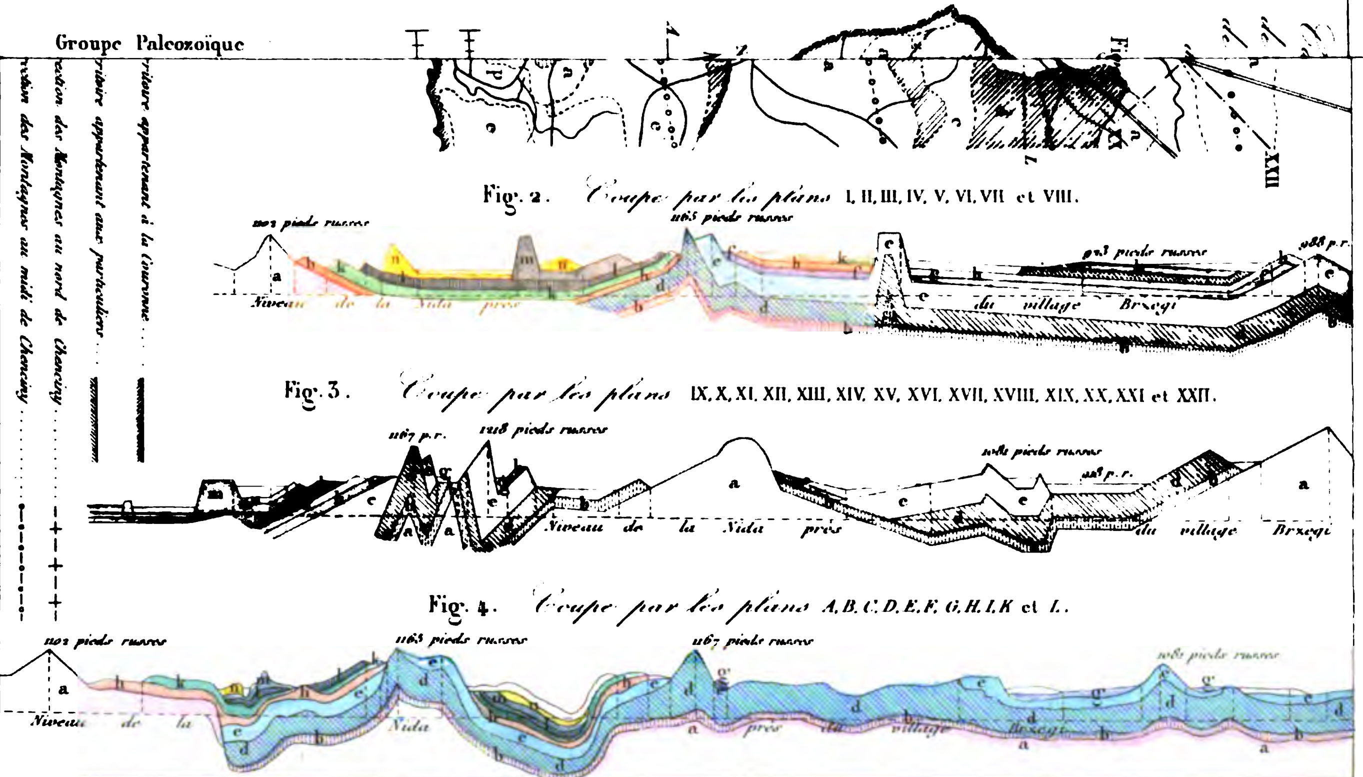


Fig. 12.





Lemaitre, Graveur de l'Empereur sc.



Lemaître, Graveur de l'Empereur, sc.

Fig. 5.

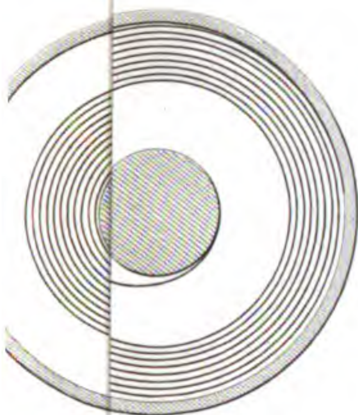
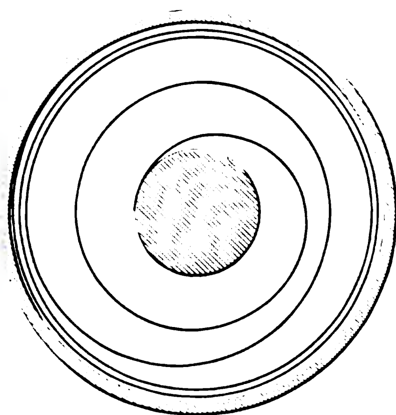


Fig. 6.



du cadran.

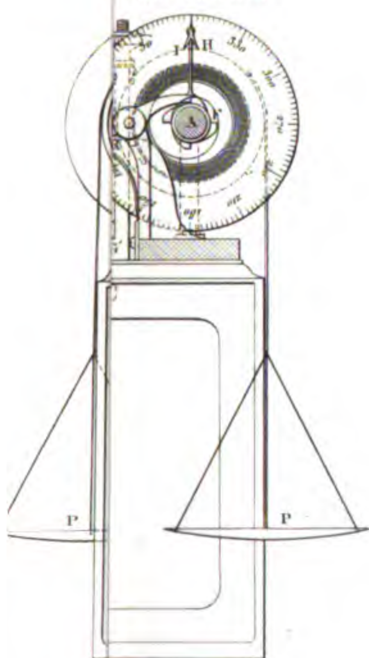


Fig. 7.

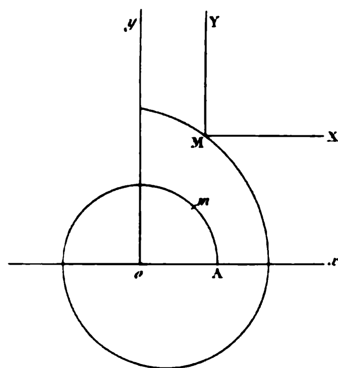
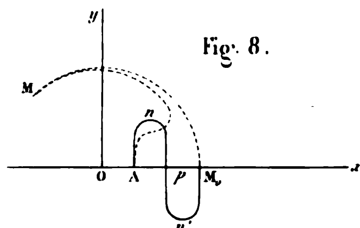
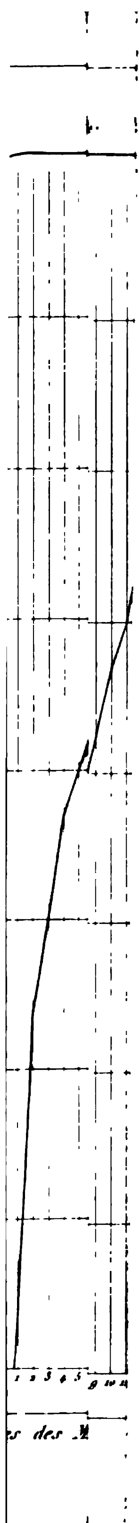


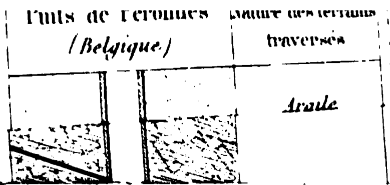
Fig. 8.



 Lemaitre, Graveur de l'Empereur, s.



1 2 3 4 5 9 10 11
es des M


(Belgique)
traversés
Argile


(Westphalie)

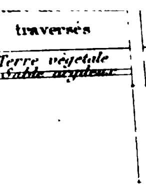

traversés
Terre végétale



Fig. 3.

Élévation latérale.

D

m

...rine

C

Coupe du cylindre à vapeur.

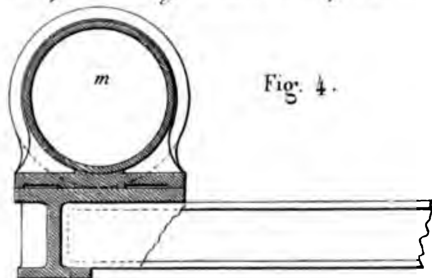
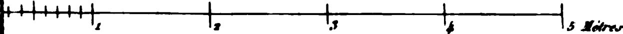


Fig. 4.

Echelle de 0m.0156 pour 1 mètre



Lemaitre, Graveur de l'Empereur.

Fig. 2.

Coupe transversale.

D

D'

C'

C

i

l

k

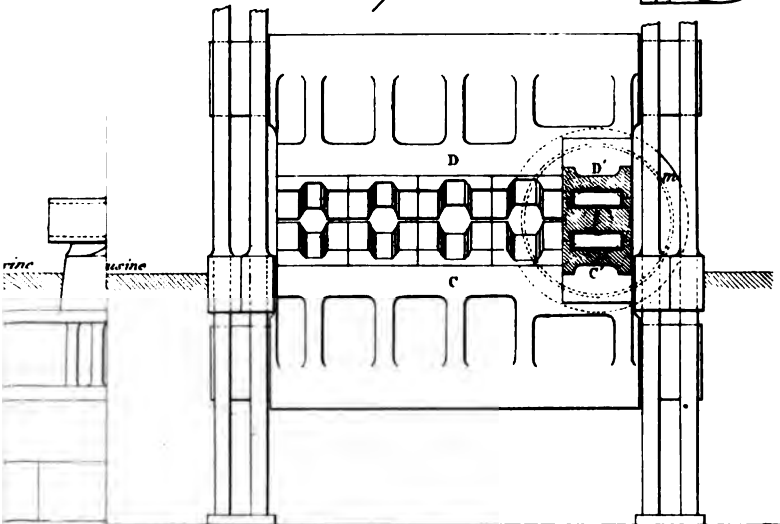
j

l'usine

Sol de l'usine

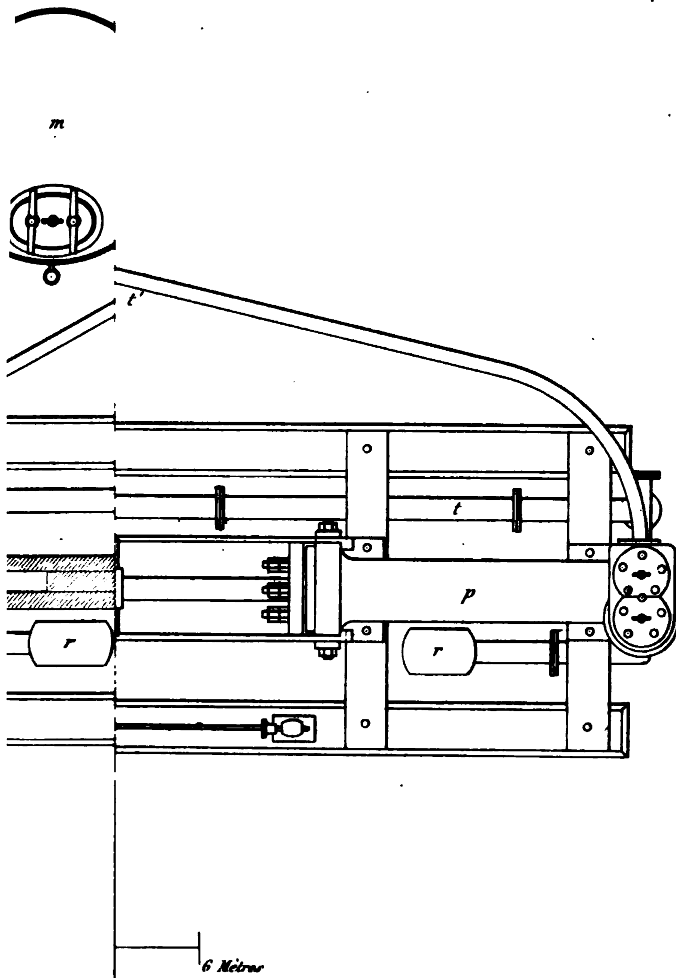
Fig. 4.

Coupe transversale

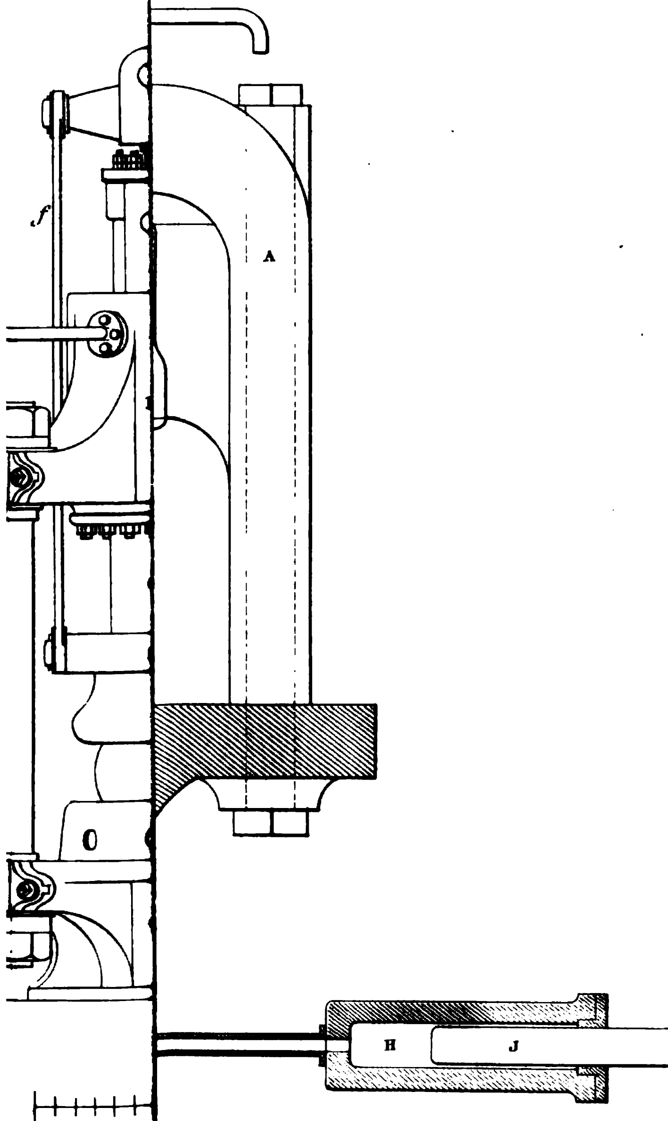


r 6e Série

Lemaitre, Graveur de l'Empereur, sc.

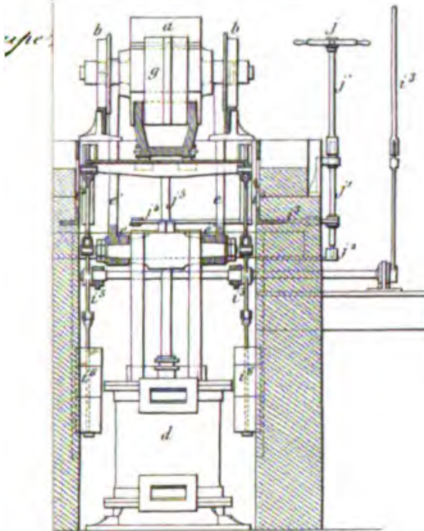


Lemaître, Graveur de l'Empereur, sc.

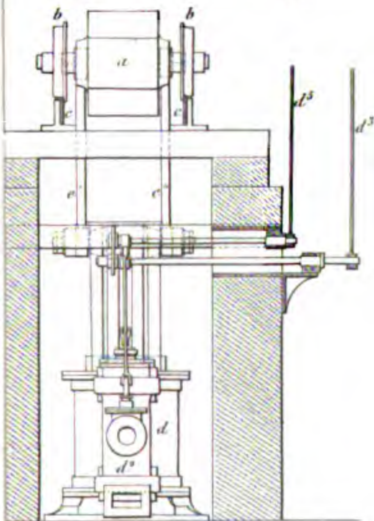


Lemaitre, Graveur de l'Empereur, sc.

Coupe transversale par UV.



Coupe transversale par XY



Lemaitre, Graveur de l'Empereur. sc

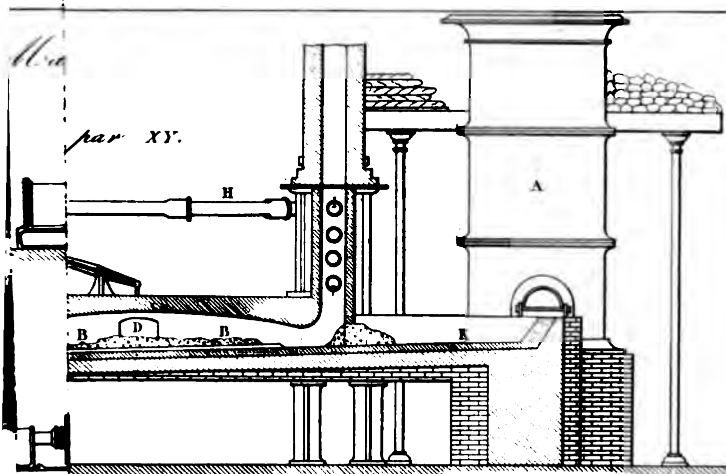
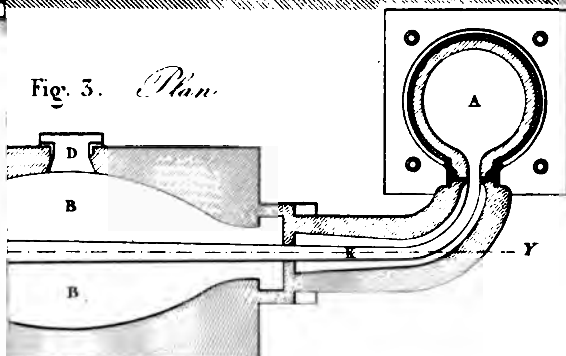
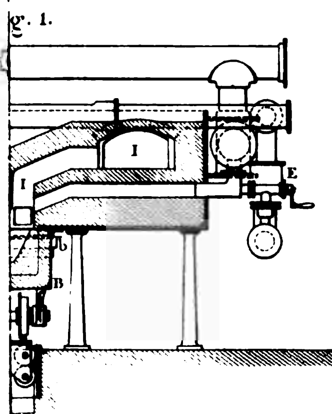


Fig. 3. *Plan*





Four à acier de M.r Bérard.

(Fig. 1 et 2.)

Lemaitre, Graveur de l'Empereur, sc.

Setzherd.

Fig. 4. Elevation.

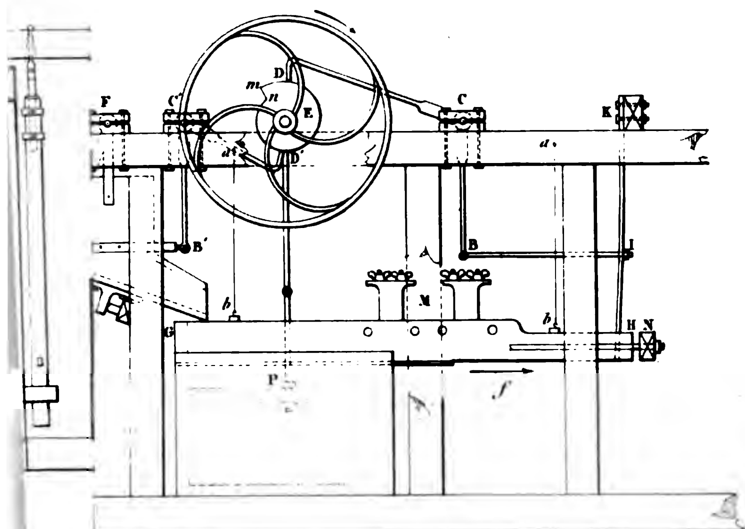
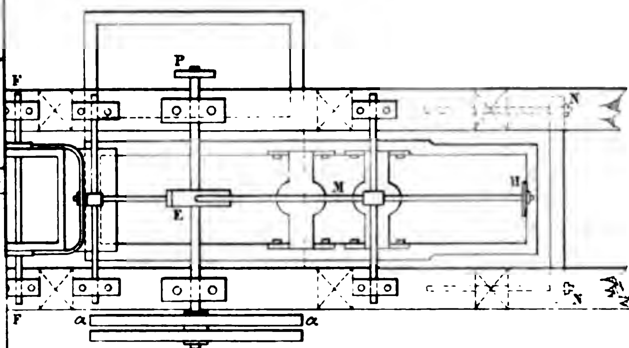
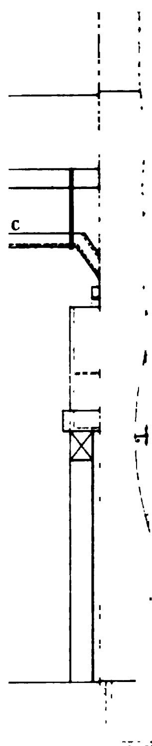


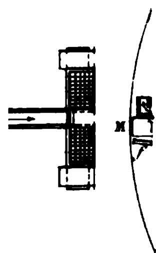
Fig. 5. Plan

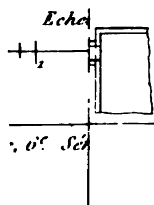


4 mètres

Lemaître, Graveur de l'Empereur, sc

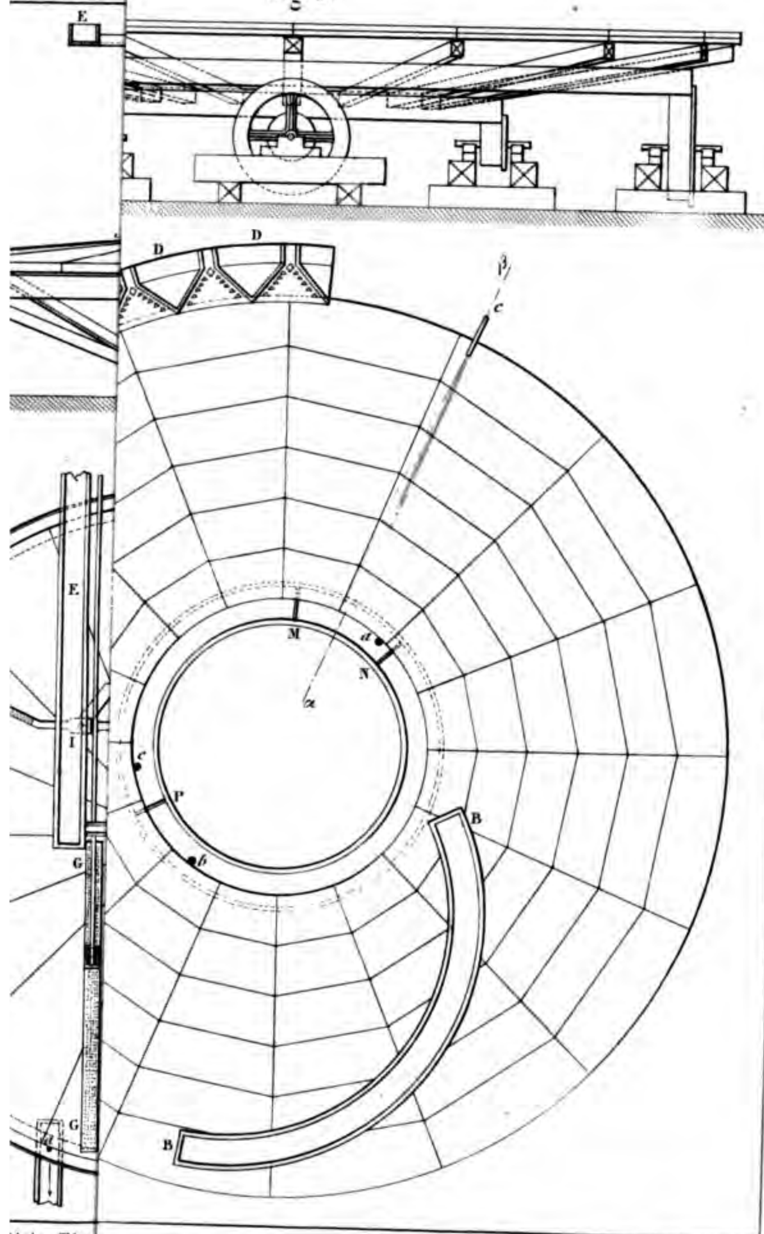

c


M


Eche

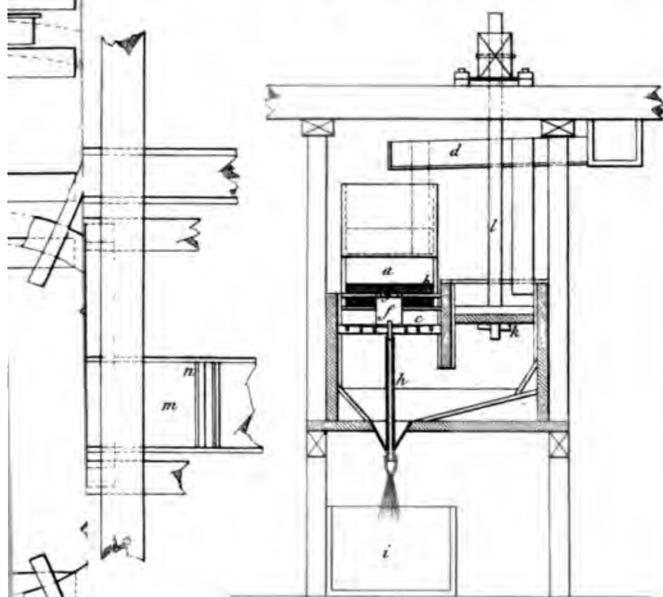


...rhherd continu. (modèle N° 2.)

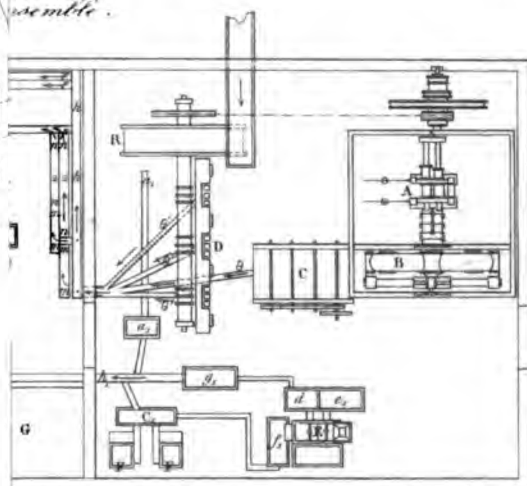


Lemaitre, Graveur de l'Empereur, sc.

Fig. 3. *Coupe transversale.*



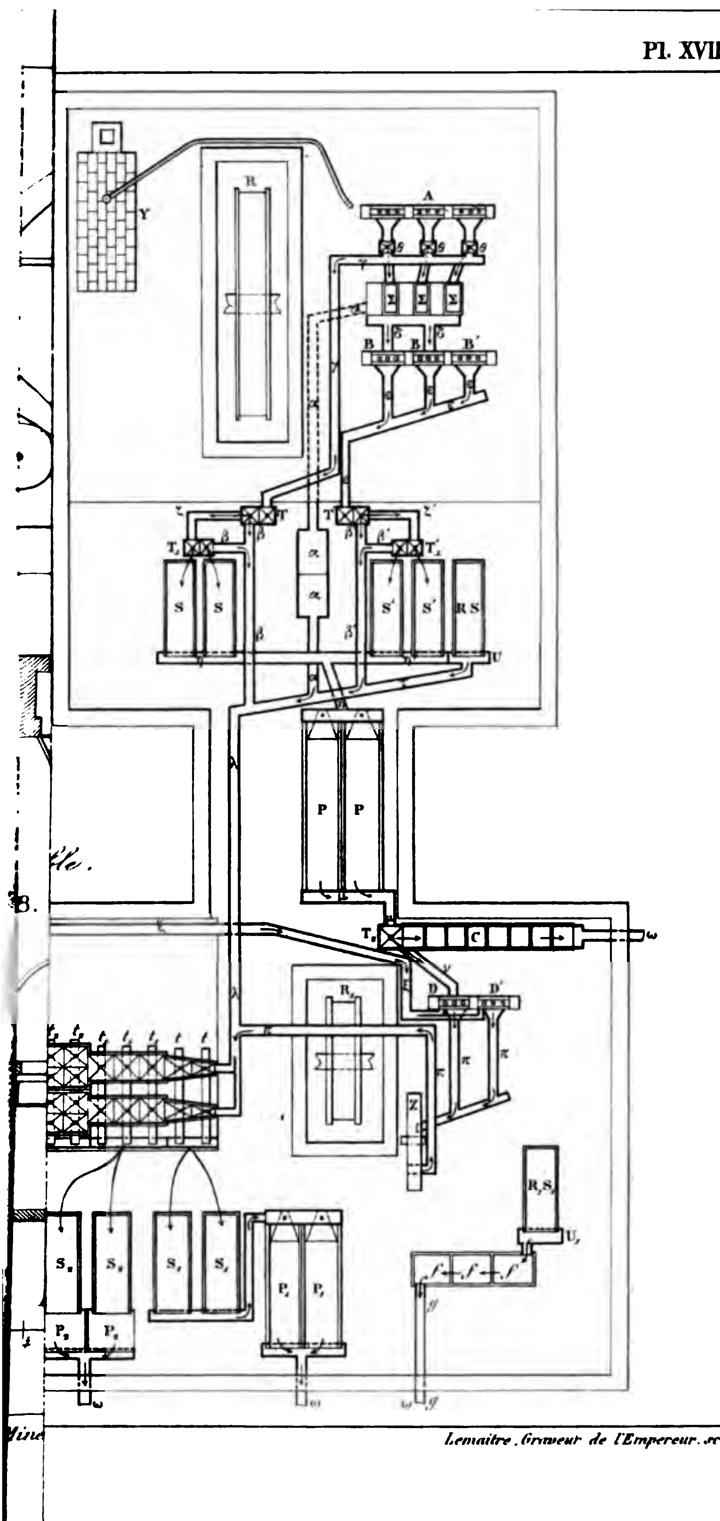
...semble.

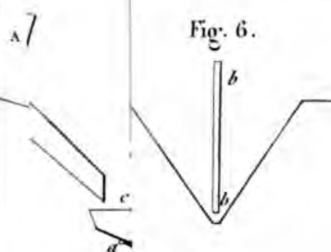


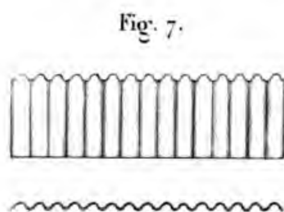
Echelle de la Fig. 5. de 0. 004 (1/250)

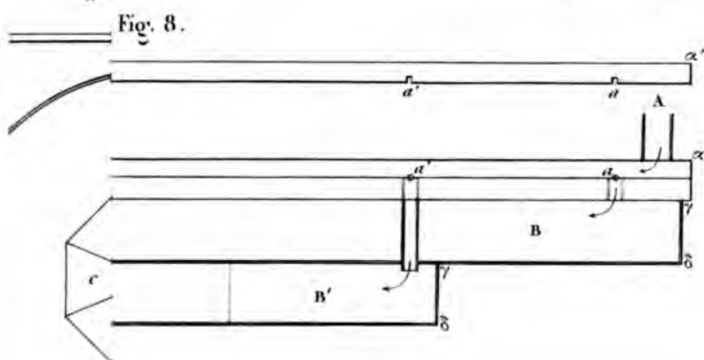
1 2 3 4 5 10 15 mètres

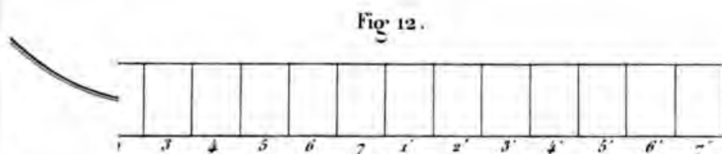
Lemaitre, Graveur de l'Empereur, sc.

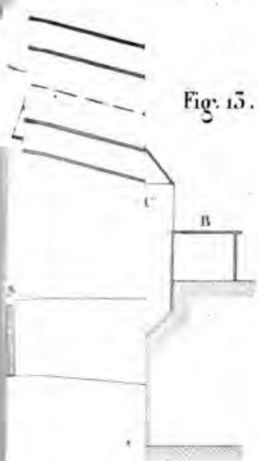

R
Y
A
Σ
B
B'
T
T
T,
T',
S
S
S'
S'
R S
U
α
P
P
T₂
C
R₂
D
D'
Z
R,S,
U,
S₂
S₂
S,
S,
P,
P,
P₂
P₂

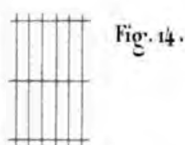


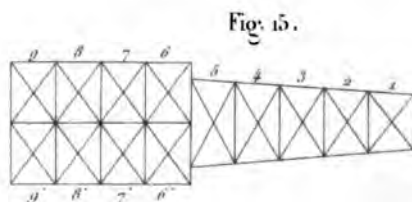












Lemaitre, Graveur de l'Empereur, sc

...r les accidents produits par le grisou.

Fig. 7. Coupe suivant AB. de la Fig. 6.

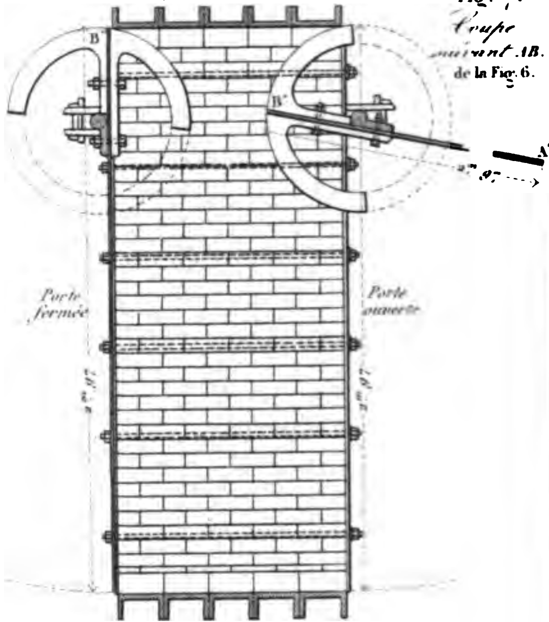
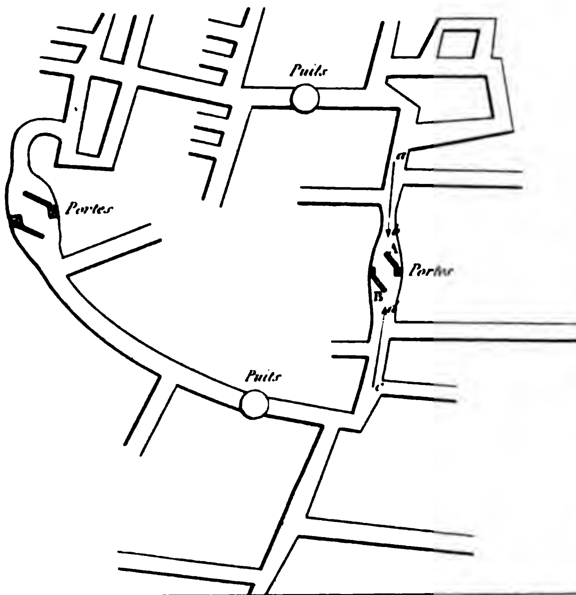


Fig. 9. Plan.



Lemaitre, Graveur de l'Empereur, sc.

7



